This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

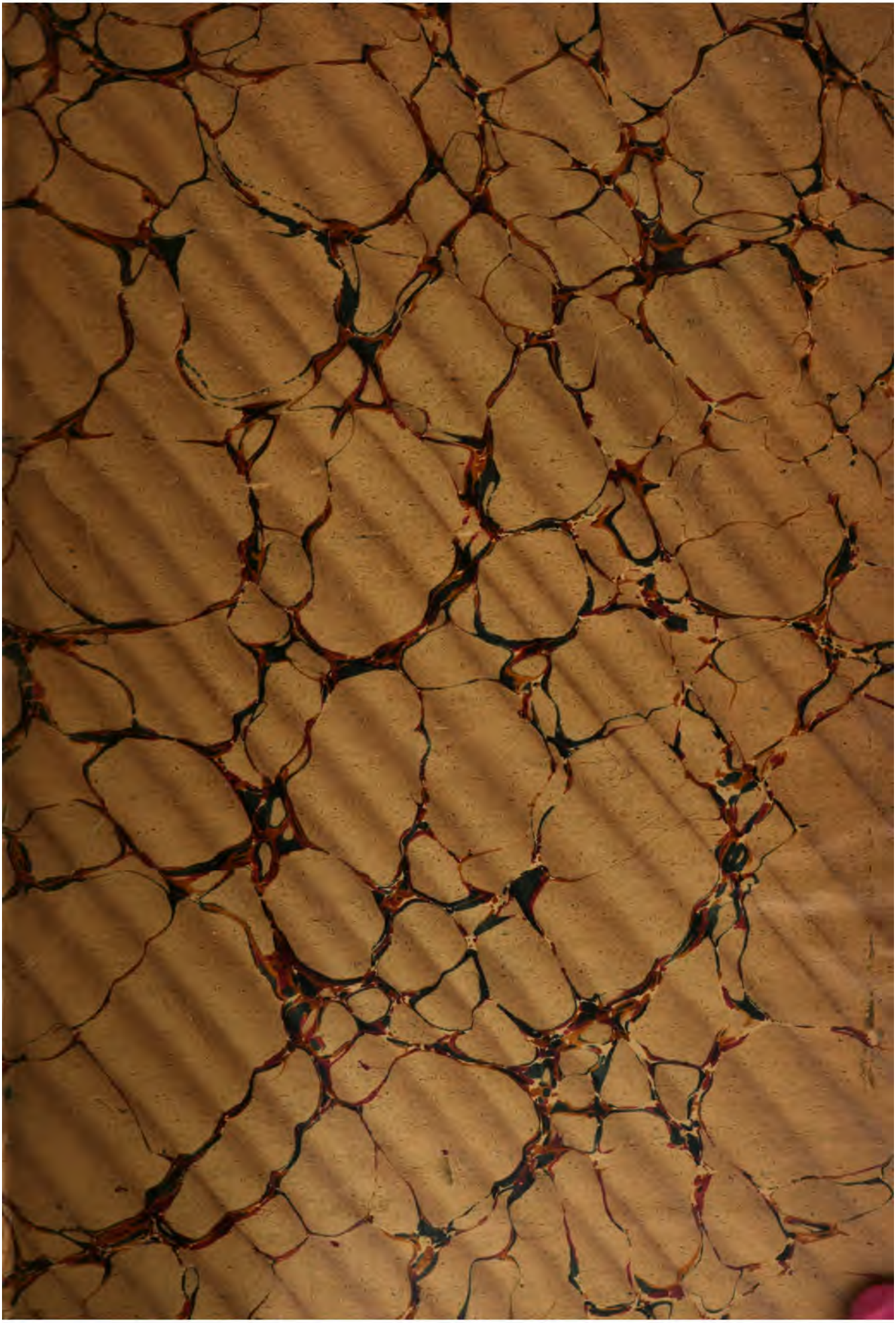
We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Library
of the
University of Wisconsin



TRAITÉ COMPLET

DES

CHEMINS DE FER

TRAITÉ COMPLET

DES

CHEMINS DE FER

HISTORIQUE ET ORGANISATION FINANCIÈRE
CONSTRUCTION DE LA PLATE-FORME — OUVRAGES D'ART
VOIES — STATIONS — SIGNAUX
MATÉRIEL ROULANT — TRACTION — EXPLOITATION
CHEMINS DE FER A VOIE ÉTROITE — TRAMWAYS

PAR

G. HUMBERT
INGÉNIEUR EN CHEF DES PONTS ET CHAUSSÉES
INGÉNIEUR EN CHEF ADJOINT AU CHEF DE L'EXPLOITATION DES CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT

TOME TROISIÈME

Deuxième édition, revue et mise à jour.

PARIS ET LIÈGE
LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE, CH. BÉRANGER, ÉDITEUR
(Successeur de BAUDRY et Cie)
PARIS, 15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15
LIÈGE, RUE DE LA RÉGENCE, 21

1908
Tous droits réservés

119993
JUN 16 1908

6392413

SS
·H88
3

TRAITÉ COMPLET

DES

CHEMINS DE FER

QUATRIÈME PARTIE

MATÉRIEL ROULANT ET TRACTION

(SUITE)

LIVRE TROISIÈME

DESCRIPTION DE LA LOCOMOTIVE[1]

Une locomotive est une machine à vapeur horizontale à haute pression, à détente variable et sans condensation. Elle est composée, dans sa disposition la plus simple, de deux cylindres conjugués, qui attaquent deux manivelles calées à angle droit sur un même arbre, appelé essieu moteur. La chaudière et la machine proprement dite reposent, comme dans les autres véhicules de chemins de fer, sur un châssis porté par des essieux.

[1] Ouvrages à consulter. — Parmi les nombreux ouvrages à consulter sur les locomotives, indépendamment des *Traités spéciaux de machines à vapeur*, nous indiquerons :

1° Couche. Ouvrage cité, dans les tomes II et III contiennent une étude complète de la locomotive, considérée comme véhicule et comme appareil moteur.

2° G. Richard et L. Baclé. *Manuel du mécanicien conducteur de locomotives*. Paris, 1881.

3° A. Leroy, *Traité pratique des machines locomotives*. Dijon, 7e édition.

4° M. Demoulin. *Traité pratique de la machine locomotive*. Paris, 1898, complété par *La locomotive actuelle*. Paris, 1906.

5° Deghilage. *Les origines de la locomotive*.

6° Barbier et Godfernaux. *Les locomotives à l'Exposition de* 1900.

7° E. Sauvage. *La machine locomotive*, 4e édition. Paris, 1904.

8° Herdner. *Les locomotives à l'Exposition de Liège* (1905).

9° L.-P. Guédon. *Le mécanicien de chemin de fer*. 2e édition, Paris, 1900 et de nombreux articles du *Bulletin de la Commission internationale du Congrès des chemins de fer*, ainsi que de la *Revue générale des chemins de fer*, etc.

On peut donc, pour la commodité de la description, considérer une locomotive comme formée de trois parties distinctes, savoir :

1° La *chaudière*, ou l'appareil servant à produire la vapeur;

2° Le *mécanisme*, ou l'ensemble des appareils destinés à transmettre le mouvement aux roues;

3° Le *véhicule*, composé du châssis et des supports.

La locomotive comporte en outre, comme accessoire, le *tender*, destiné à contenir l'approvisionnement d'eau et de combustible. Il est ordinairement séparé et attelé immédiatement derrière la machine ; certaines locomotives, dites *locomotives-tenders*, portent elles-mêmes leur approvisionnement d'eau et de charbon.

CHAPITRE PREMIER

LA CHAUDIÈRE

Foyer. Appareils fumivores. — Corps cylindrique. Epaisseur des chaudières. — Boite à fumée. — Faisceau tubulaire. — Surface de chauffe directe et indirecte. — Altérations des chaudières. — Timbre et épreuves. — Accessoires des chaudières : cendrier, boite à sable, appareils d'alimentation, injecteurs, appareils de sûreté. — Explosions des chaudières, leurs causes principales.

Une chaudière de locomotive doit posséder au plus haut degré la propriété de fournir une grande quantité de vapeur à haute pression sous un petit volume. Il faut, par conséquent, qu'elle ait un foyer développant une combustion intense, et qu'elle présente une surface de chauffe la plus grande possible sous un volume restreint. De là résultent les deux caractères essentiels de la chaudière de locomotive, savoir :

1° Le tirage par l'échappement de vapeur dans la cheminée, ce qui permet une combustion beaucoup plus vive que celle que produirait le tirage naturel;

2° L'emploi du système tubulaire, inventé par Marc Séguin en 1828, qui donne l'utilisation la plus complète de la chaleur de la combustion.

Nous avons déjà vu (t. I, p. 2) que ces deux éléments essentiels se trouvaient dans la locomotive « *The Rocket* », construite en 1830 par Georges Stéphenson.

La figure 566-567 représente la coupe longitudinale d'une chaudière de locomotive. Nous y distinguerons quatre parties principales savoir : 1° le *foyer* A, entouré par la partie de l'enveloppe extérieure qu'on appelle, assez improprement d'ailleurs, la boîte à feu ; 2° le *corps cylindrique*, CC ; 3° la *boite à fumée*, B ; 4° le *faisceau tubulaire*, DD.

1° Foyer. — Le foyer est une caisse rectangulaire ouverte à sa partie inférieure, où se trouve une grille sur laquelle on place le combustible. Les parois latérales et le ciel du foyer sont généralement formés d'une seule feuille de cuivre rouge de 12 à 15 millimètres d'épaisseur ; ce métal présente l'avantage de se détruire moins rapidement que le fer sous l'action des

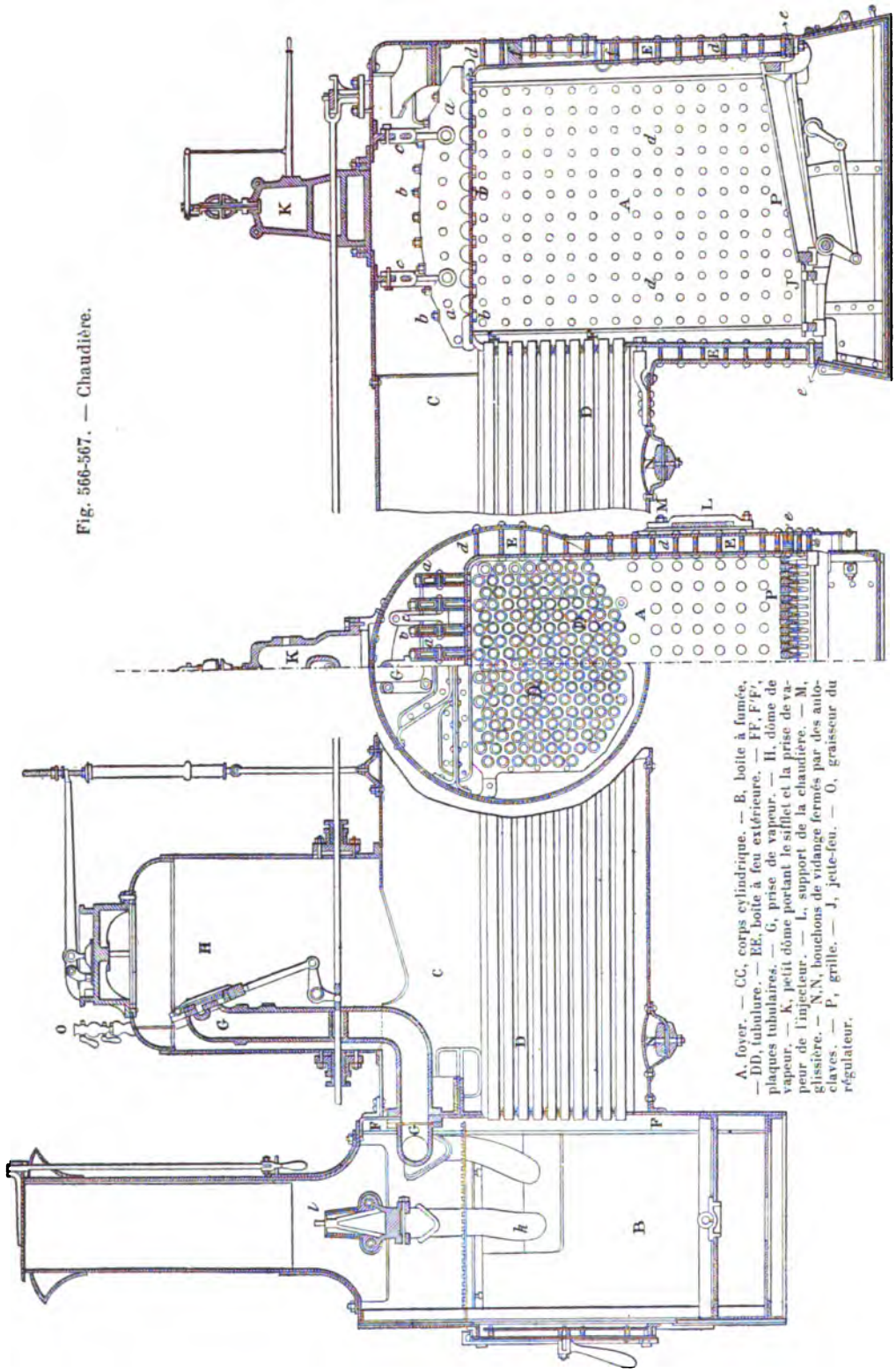


Fig. 566-567. — Chaudière.

gaz de la combustion. La tôle de fer ou d'acier est cependant très employée aux États-Unis.

La paroi d'avant du foyer, ou *plaque tubulaire*, est percée de trous destinés à recevoir les tubes ; elle est également en cuivre et a de 18 à 25 ou 30 millimètres d'épaisseur. La paroi d'arrière porte une ouverture par laquelle on introduit le combustible.

Pour que le ciel du foyer ne cède pas sous l'énorme pression qu'il supporte, on l'arme au moyen de poutres longitudinales en forme de solides d'égale résistance, *a a*, formés par des couples de fer plats découpés et moisés, sur la tranche desquels s'appuient les boulons, *b*, qui soutiennent la tôle de cuivre. Pour que ces armatures n'écrasent pas, à leur tour, les parois verticales du foyer, on les soutient par des étriers, *c*, qui sont rattachés à la partie supérieure de la chaudière.

Quelquefois, lorsque le foyer est très long, les armatures sont transversales.

Le foyer, enveloppé d'eau de toutes parts, est entouré par la *boîte à feu* extérieure, EE, dont la forme est celle d'un parallélipipède, surmonté d'une voûte cylindrique qui est le prolongement de la partie supérieure du corps de la chaudière. Les parois parallèles du foyer et de la boîte à feu sont réunies par des entretoises en cuivre rouge, *d d*, vissées à leurs extrémités dans les deux parois, puis rivées. Ces entretoises étant exposées à se rompre, pour que le mécanicien soit prévenu à temps de l'accident, on les perce, suivant leur axe (fig. 568), d'un petit canal que l'on bouche ensuite à un bout au moyen de quelques coups de mattoir. Un cadre inférieur en fer forgé, *e e*, et le cadre de la porte, *f f*, complètent l'assemblage de la boîte à feu avec le foyer.

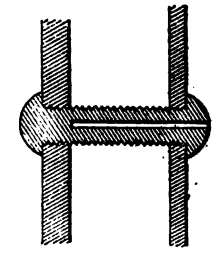


Fig. 568. — Entretoise.

La boîte à feu doit être faite avec des tôles de qualité extra, à cause du dégagement abondant de vapeur qui se fait dans cette partie de la chaudière la plus rapprochée du foyer.

Il est nécessaire, au point de vue de la bonne utilisation du combustible, que le ciel de la boîte à feu soit aussi distant que possible de celui du foyer, afin de fournir une vaste chambre de vapeur.

La capacité du foyer doit d'ailleurs être assez considérable par rapport au volume total de la chaudière, parce que c'est d'elle que dépend la surface de chauffe directe, dont la puissance de vaporisation est, comme nous l'avons vu, bien plus grande que celle des tubes. Mais, dans les types ordinaires de locomotives, la largeur de la grille est assez étroitement limitée, parce que la boîte à feu avec ses doubles parois doit se placer entre les roues d'arrière ; cette largeur n'est guère que de 1 mètre. La longueur de la grille est de 1 mètre à 1,25 m. lorsque le foyer est en porte à faux au delà de l'essieu d'ar-

rière. Ces conditions font que la grille est relativement petite dans les chaudières de locomotives ordinaires.

Toutefois, l'avantage des grands foyers étant bien reconnu, on a trouvé moyen, dans les locomotives modernes, d'augmenter la grille par divers procédés, soit en plaçant un essieu avec de petites roues sous la grille inclinée et en le protégeant par un écran contre la chute des escarbilles, soit en installant la grille tout entière au-dessus des roues d'arrière, ce qui supprime toute limitation de largeur, soit enfin en plaçant le foyer franchement en porte à faux et assez loin derrière les roues d'arrière pour échapper ces roues ; ce dernier expédient ne peut s'appliquer qu'à des machines très lourdes, très longues et marchant à de faibles vitesses.

Par ces moyens, on est arrivé à augmenter les dimensions du foyer et à porter à 2 mètres carrés, 3 mètres carrés et plus, la surface de la grille, qui autrefois ne dépassait guère 1,20 m² à 1,30 m². [1]

La *grille* est formée de barreaux en fer ou en fonte, posés sur des supports en fer ; l'écartement de ces barreaux doit être d'autant plus grand que le combustible employé est plus gros.

C'est la houille qu'on emploie le plus habituellement en Europe pour chauffer les chaudières des locomotives ; en Amérique, on emploie aussi le bois ; certaines machines sont même disposées de manière à brûler du pétrole. Le nombre et l'espacement des barreaux, d'où dépend le rapport entre le vide et le plein de la grille, sont des éléments extrêmement importants, qui varient avec la nature et le mode d'emploi du combustible.

Les anciennes grilles fixes et horizontales sont aujourd'hui presque toujours remplacées, surtout avec les grands foyers, par des grilles inclinées de l'arrière à l'avant ; cette disposition permet de placer un essieu sous le foyer. En outre, la grille est mobile en tout ou en partie, pour permettre au mécanicien de jeter rapidement le feu sur la voie ou sur le cendrier.

Les foyers du système *Belpaire*, très répandus en Belgique et à peu près exclusivement employés autrefois par la compagnie du Nord, ont été également adoptés sur les machines puissantes à quatre et six roues accouplées de la compagnie P.-L.-M. Ils se distinguent principalement des foyers ordinaires en ce que leur ciel est complètement plat, ainsi que celui de la boîte à feu. Ces deux parois parallèles sont réunies entre elles par des entretoises semblables à celles dont nous avons parlé plus haut ; à la compagnie P.-L.-M., ces entretoises verticales se font en acier. Il y a en outre, dans les foyers de ce système, des entretoises horizontales destinées à maintenir les parois verticales de la boîte à feu au-dessus du foyer. La partie de la chau-

[1] On trouve même en Amérique certaines locomotives, de très grande puissance, qui ont une surface de grille de plus de 9 mètres carrés (M. Japiot, *Les chemins de fer américains*. Annales des Mines, 1906-1907).

dière comprise entre le ciel de la boîte à feu et celui du foyer est donc armée par un véritable quadrillage d'entretoises, au lieu de l'être, comme dans les foyers ordinaires, par des poutrelles longitudinales ou transversales.

L'emploi de la houille, qui a depuis longtemps remplacé celui du coke sur les locomotives, donne naissance à une grande quantité de fumée épaisse, qu'il est nécessaire de supprimer au moment des stationnements dans les gares. Le cahier des charges des compagnies impose d'ailleurs aux locomotives l'obligation de consumer leur fumée (art. 32). Un grand nombre d'appareils ont été imaginés dans ce but.

En premier lieu, toutes les machines sont généralement munies d'un *souffleur* ; c'est un petit tuyau qui débouche dans la cheminée, à peu près au niveau de l'échappement, et qui permet d'y lancer, par un certain nombre de petits orifices, des jets de vapeur destinés à déterminer un tirage suffisamment énergique pour empêcher la production de la fumée. Le souffleur est en outre, très utile pour accélérer dans les dépôts la mise en pression des machines, dès que la vapeur atteint une tension de deux ou trois atmosphères.

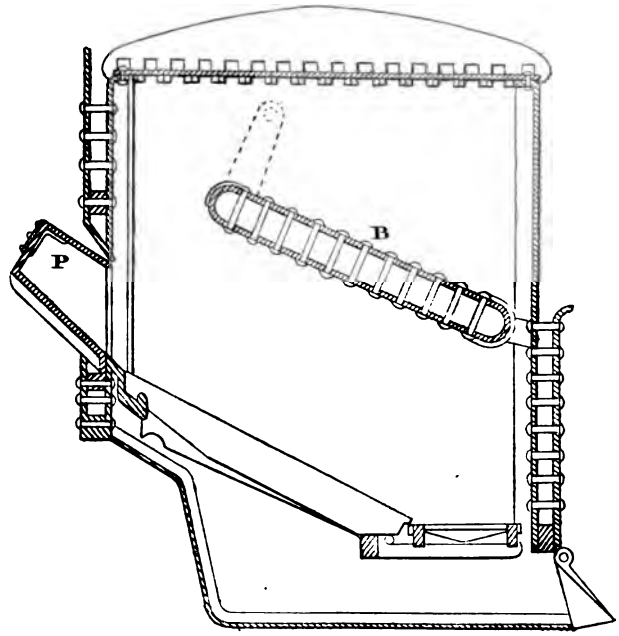


Fig. 569. — Foyer Tenbrink. (Cie d'Orléans.)

Indépendamment de cet appareil, qui existe sur toutes les machines, un certain nombre de *fumivores* spéciaux ont été imaginés. Les plus employés sont ceux de MM. *Tenbrink* et *Thierry*. Ils se placent dans le foyer et ont pour but de mélanger intimement les gaz de la combustion avec l'air qui arrive par la grille, de manière à brûler plus complètement ces gaz.

L'appareil Tenbrink (fig. 569), employé sur les locomotives à voyageurs de la compagnie d'Orléans, donne de très bons résultats à cet égard. Il comprend deux dispositions essentielles : 1° un *bouilleur* incliné B, librement suspendu par des tuyaux qui le relient aux parois latérales du foyer, et qui sert à mélanger les gaz de la combustion avec l'air arrivant par la grille, par la porte de chargement, ou par deux regards placés au-dessus de cette porte ; 2° une *porte de chargement* spéciale P, très large, avec une embouchure en

forme de trémie, qui vient affleurer le sommet de la grille inclinée. La porte reste généralement fermée après le chargement et l'air entre par les ouvertures ménagées au-dessus d'elle en plongeant sur la grille.

L'appareil Tenbrink possède une grande efficacité; il permet de brûler dans de bonnes conditions économiques et presque sans fumée les houilles grasses et fumeuses du bassin de la Loire.

L'appareil Thierry, employé par les compagnies de l'Est et de P.-L.-M., est également très répandu en France. Son principe consiste à augmenter l'arrivée de l'air extérieur dans le foyer, et à y envoyer en même temps un jet de vapeur destiné à mélanger cet air avec les gaz de la combustion, dans la partie où la température atteint son maximum. L'air est admis par un registre de la porte ; la vapeur est envoyée par un tube horizontal A (fig. 570), placé contre la paroi intérieure du foyer, immédiatement au-dessus de la porte. Ce tube, fermé aux deux bouts, est percé d'un certain nombre de trous disposés de manière que la vapeur qui s'en échappe forme une sorte de nappe continue au-dessus du combustible. Le tube A est protégé contre la flamme par un bouclier en tôle *b*. La vapeur est amenée au tube A par un tuyau BC, qui communique avec le réservoir de vapeur de la chaudière ; sur le trajet du tuyau BC est placé un robinet R, qui sert à l'introduction de la vapeur dans le tube fumivore.

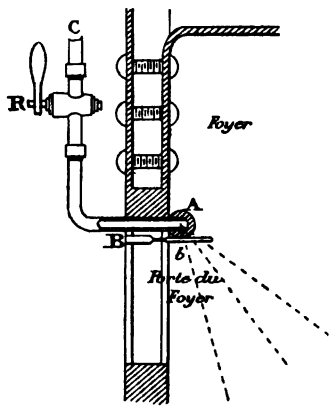


Fig. 570. — Appareil fumivore Thierry.

L'appareil Thierry permet de brûler complètement la fumée des machines en marche et pendant les arrêts. On l'emploie, concurremment avec le souffleur, sur les machines à voyageurs ; pour les machines à marchandises, où l'inconvénient de la fumée est beaucoup moindre, on se contente du souffleur.

On dispose assez souvent en France, notamment dans les foyers profonds, une voûte en briques placée, comme le bouilleur Tenbrink à peu près parallèlement à la grille, et un peu au-dessous de l'embouchure des tubes. Cette voûte, dont l'emploi est général en Angleterre et qui a été introduite sur le réseau de l'Ouest en 1864, a pour effet d'assurer la combustion complète des gaz produits par la houille, en les forçant à se mélanger plus intimement avec l'air nécessaire à cette combustion.

2° Corps cylindrique. — Le corps cylindrique CC (fig. 567) est constitué par un cylindre en tôle, dont la partie inférieure contient les tubes DD, compris entre les deux plaques tubulaires, FF, F'F', et dont la partie supérieure renferme la vapeur, ainsi que le *dôme* H et la *prise de vapeur* G. Le

corps cylindrique se fait en tôle de fer ou d'acier; la tôle de fer est surtout employée en Europe, la tôle d'acier en Amérique. La première a eu, pendant très longtemps, l'avantage de coûter moins cher que la seconde; mais le prix de l'acier ayant de plus en plus diminué en même temps que sa qualité s'améliorait, par suite de l'adoption des procédés de fabrication *Bessemer* et *Siemens-Martin*, la tôle d'acier paraît aujourd'hui appelée à remplacer définitivement la tôle de fer. Elle donne, sous la même épaisseur que cette dernière, une résistance plus grande à la rupture et un allongement proportionnel également plus considérable.

Si on appelle :

p la pression effective de la vapeur en kilogrammes par centimètre carré;

D le diamètre de la chaudière en centimètres;

R la résistance pratique de la tôle, en kilogrammes par centimètre carré, l'épaisseur E de la tôle en centimètres est donnée par la formule :

$$E = \frac{2R}{pD}.$$

Lorsque la rivure est bien faite, on peut prendre R = 500 kg.

C'est dans le corps cylindrique de la chaudière que se fait la prise de vapeur, *H*, au moyen d'un appareil, appelé *régulateur*, qui est destiné à régler à volonté l'admission dans les boîtes de distribution.

Les régulateurs employés affectent des formes diverses : ils peuvent être sans dôme ou avec dôme et la table de friction sur laquelle se meut leur tiroir peut être horizontale, verticale ou inclinée. Celui qui est représenté sur la figure 567 est un régulateur à dôme, à table de friction inclinée. Le tiroir est percé d'une ou plusieurs ouvertures, correspondant à des ouvertures analogues dans la table de friction, et un mouvement de translation imprimé à ce tiroir au moyen d'un levier placé à portée de la main du mécanicien permet à volonté d'ouvrir ou de fermer la communication de la chaudière avec les cylindres.

3° Boite a fumée. — La boîte à fumée B (fig. 567), formée par le prolongement du corps cylindrique, n'a pas besoin de présenter une aussi grande résistance que lui; il suffit qu'elle soit assez forte pour supporter la cheminée et qu'elle soit bien étanche, afin d'empêcher l'arrivée de l'air extérieur qui contrarierait le tirage.

C'est, en effet, au moyen de l'échappement de la vapeur dans la cheminée, à travers la boîte à fumée, qu'on obtient l'énergie du tirage qui est nécessaire, et qui serait absolument impossible à réaliser avec la faible hauteur de cheminée commandée par le gabarit des ouvrages d'art. *kl* représente

le tuyau par lequel se fait cet échappement. La vapeur qui sort des cylindres, après y avoir accompli le travail auquel elle est destinée, est toujours à une pression supérieure à celle de l'atmosphère ; on la lance donc dans le tuyau *kl*, d'où elle s'échappe verticalement dans la cheminée, entraînant derrière elle l'air nécessaire à la combustion à travers la grille et les tubes.

L'efficacité de l'échappement est d'autant plus grande que la section du tuyau est plus petite ; c'est ce que les mécaniciens expriment en disant qu'en serrant l'échappement, on active le feu. Pour cette raison, beaucoup de machines comportent des dispositifs qui permettent au mécanicien de diminuer ou d'augmenter la section de l'orifice par lequel s'échappe la vapeur. L'échappement variable, dont on peut se passer sur un palier et avec un charbon d'excellente qualité, est très utile sur des lignes accidentées et avec un charbon de qualité moyenne.

4° Faisceau tubulaire. — La tubulure est la partie caractéristique de la chaudière. Elle constitue une solution si heureuse du problème de l'augmentation de la surface de chauffe sous un petit volume que, depuis Seguin qui en est l'inventeur, elle n'a presque pas été modifiée. Les gaz de la combustion, en passant à travers ces tubes nombreux, longs et étroits, entourés d'eau de toutes parts, pénètrent pour ainsi dire dans tous les points de la masse liquide et se dépouillent de presque toute la chaleur qu'ils renferment.

La tubulure se fait quelquefois en cuivre ou en acier, souvent en fer ; en France, elle est presque toujours en laiton, dont la composition est la suivante :

Cuivre	70 p. 100
Zinc	30 —

Des tubes en cuivre rouge seraient promptement usés par les cendres et les petits morceaux de charbon qu'entraîne le tirage ; les tubes en fer ou en acier ont l'inconvénient de se couvrir facilement d'incrustations, mais ils ont l'avantage de coûter environ deux fois moins cher que les tubes en laiton et, de plus, ils semblent moins fatiguer les plaques tubulaires par leur dilatation.

Aux États-Unis, on emploie à peu près exclusivement les tubes en fer ; on les rencontre également sur un grand nombre de lignes anglaises. La compagnie P.-L.-M. se sert depuis 1882 d'un certain nombre de machines, dont les tubes sont en fer forgé et raboutés en cuivre rouge du côté de la plaque tubulaire du foyer.

Les tubes ont environ 50 millimètres de diamètre extérieur et 2 millimètres à 2,5 mm. d'épaisseur. Ils sont fixés à leurs deux extrémités dans les plaques tubulaires. L'assemblage se fait en les rivant à froid dans des trous

coniques percés dans ces plaques (fig. 571) au moyen d'un petit appareil appelé *Dudgeon ;* on rabat ensuite la colerette *aa*, puis on force à l'intérieur une virole conique en acier *cc*, ayant 30 à 40 millimètres de longueur et 2 millimètres d'épaisseur. Ces viroles sont souvent supprimées du côté de la boîte à fumée ; du côté du foyer, elles sont indispensables pour protéger les bouts des tubes contre l'action des gaz de la combustion.

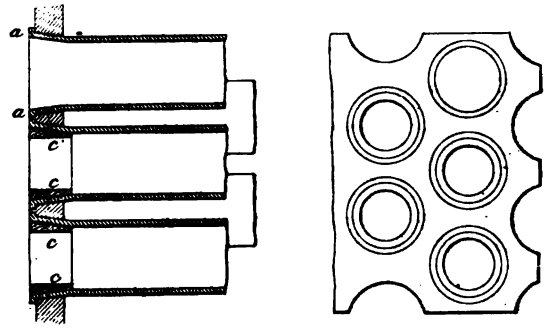


Fig. 571. — Assemblage des tubes avec les plaques tubulaires.

Le nombre des tubes varie de 100 à 200, quelquefois plus ; leur longueur est également variable, elle est comprise entre 3,50 m et 5,40 m. L'expérience semble avoir démontré que cette dernière longueur est exagérée et qu'il n'y a aucun intérêt à donner aux tubes plus de 4 mètres à 4,50 m. Au delà de ce chiffre, les tubes doivent être considérés comme un poids inutile, qui n'ajoute rien à la puissance de vaporisation de la chaudière. On ne peut guère les accepter que dans certaines machines à marchandises à quatre essieux couplés, destinées à remorquer à petite vitesse de fortes charges sur les rampes modérées ; ces machines ont, en effet, besoin d'une grande adhérence plutôt que d'une grande puissance de vaporisation par mètre carré de surface de chauffe.

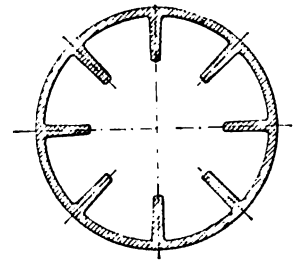


Fig. 572. — Tube à ailettes.

Dans le but d'augmenter la surface de contact avec les gaz chauds, on emploie maintenant des tubes qui sont munis d'ailettes intérieures. Ces tubes, qu'on appelle souvent tubes Serve, du nom de leur inventeur, ont ordinairement huit ailettes (fig. 572) de 12 millimètres de hauteur ; ils pèsent plus lourd et coûtent sensiblement plus cher que les tubes lisses ; mais, comme ils donnent un effet utile plus grand, ils permettent d'en diminuer le nombre ou d'en réduire la longueur. Ils sont employés actuellement sur tous les réseaux.

La surface de chauffe totale des locomotives varie entre 100 et 200 mètres

carrés pour les machines de types courants. Dans cette surface totale le foyer et les tubes entrent en proportions diverses, suivant les différents types de machines. Voici, par exemple, la proportion pour quatre types de locomotives employées en France.

	SURFACE DE CHAUFFE		
	du foyer.	des tubes.	totale.
	m²	m²	m²
Express à bogie du chemin de fer du Nord (202 tubes de 3,822 m. de longueur)	13,80	97	110,80
Express du chemin de fer d'Orléans (160 tubes de 5,19 m. de longueur)	14,19	123,29	137,48
Marchandises à 3 essieux couplés de la Compagnie P.-L.-M. (177 tubes de 4,252 m. de longueur)	7,15	108,76	115,91
Marchandises compound à 4 essieux couplés de la Compagnie P.-L.-M. (247 tubes de 4.15 m. de longueur)	10,96	146,72	157,68

La surface de chauffe du foyer étant beaucoup plus active que celle des tubes, il y a intérêt à l'augmenter le plus possible ; d'après les expériences faites par les ingénieurs de la compagnie de l'Est sur la résistance des trains et la puissance des machines, il convient que la surface de chauffe du foyer ne soit pas inférieure à :

6 à 8 mètres carrés, pour une surface totale de 80 à 150 mètres carrés ;

9 à 10 mètres carrés, pour une surtace totale de 150 à 200 mètres carrés.

Dans les locomotives récentes de grande puissance, la surface de chauffe atteint jusqu'à 300 mètres carrés, correspondant à des surfaces de grille de 3,50 m² à 4,50 m².

Altérations des chaudières. — Les chaudières des locomotives sont exposées, indépendamment de l'usure normale qui résulte de leur service, à des altérations irrégulières ou corrosions intérieures qui, si elles n'étaient pas soigneusement réparées, pourraient déterminer des explosions. Ces corrosions sont dues à l'action combinée de l'acidité des eaux, de la pression de la vapeur, de la dilatation des différentes parties de la chaudière et aussi des défauts d'homogénéité du métal.

On y remédie par les précautions suivantes :

1° Le lavage périodique des chaudières, opération qui se renouvelle à peu près tous les douze jours et même plus souvent, si le nombre de kilomètres parcourus par la machine est considérable ;

2° L'épuration et la neutralisation des eaux acides, opérations pour les-

quelles un grand nombre de procédés sont employés, ainsi que nous l'avons vu (t. II, p. 70) ;

3° La liberté de dilatation accordée à toutes les parties de la chaudière, principalement dans le sens de sa longueur ; dans ce but on ne la fixe au châssis qu'à l'une de ses extrémités, à l'avant, et elle peut glisser librement en se dilatant sur les rapports placés à l'arrière et sur les supports intermédiaires.

Timbre et épreuve de la chaudière. — D'après les anciens règlements sur les machines à vapeur, la pression dans la chaudière était définie par la tension absolue de la vapeur, y compris la pression atmosphérique ; cette tension était exprimée en atmosphères, soit 1,033 kg par centimètre carré.

Depuis la publication du décret du 25 janvier 1865, la pression est définie par la tension effective de la vapeur, déduction faite de la pression atmosphérique. Cette tension effective est d'ailleurs exprimée en kilogrammes par centimètre carré et c'est elle que représente le timbre de la chaudière.

D'après le décret du 30 avril 1880, l'épreuve réglementaire doit être fatie de la manière suivante :

« Art. 4. — L'épreuve consiste à soumettre la chaudière à une pression hydraulique supérieure à la pression effective qui ne doit point être dépassée dans le service. Cette pression d'épreuve sera maintenue pendant le temps nécessaire à l'examen de la chaudière, dont toutes les parties doivent pouvoir être visitées.

« La surchage d'épreuve par centimètre carré est égale à la pression effective, sans jamais être inférieure à un demi-kilogramme, ni supérieure à 6 kilogrammes. »

« Art. 5. — Après qu'une chaudière ou partie de chaudière a été éprouvée avec succès, il y est apposé un timbre indiquant, en kilogrammes par centimètre carré, la pression effective que la vapeur ne doit pas dépasser. »

On fait cette épreuve au moyen d'une presse hydraulique, après avoir complètement rempli la chaudière d'eau froide, et en ayant bien soin qu'il n'y reste pas un notable volume d'air emprisonné, car il pourrait en résulter un danger pour les opérateurs, l'air comprimé pouvant faire éclater la chaudière.

L'expérience a démontré que l'épreuve hydraulique à froid ne risque pas d'affaiblir la chaudière, en lui imposant une trop grande fatigue, et qu'elle donne une garantie réelle de solidité.

Accessoires de la chaudière. — Nous comprenons sous cette dénomination le *cendrier*, la *boîte à sable*, les *appareils d'alimentation* et enfin les *appareils de sûreté*, communs à toutes les chaudières à vapeur.

Cendrier. —C'est un accessoire du foyer qui a pour but, conformément aux prescriptions de l'ordonnance du 15 novembre 1846 (art. 11), d'arrêter les escarbilles et morceaux de charbon incandescents qui pourraient passer à travers la grille, être projetés au loin par les roues de la machine et devenir une cause d'incendie.

Un arrêté ministériel du 1er août 1857 a fixé comme il suit les dispositions à adopter pour ces appareils : « Aux parois latérales et à la face d'arrière du foyer seront adaptées, sans aucun jeu, des feuilles de tôle descendant jusqu'à 12 centimètres au-dessus du niveau des rails, cette cote s'appliquant aux machines complètement garnies d'eau et de coke (aujourd'hui de houille). La plaque d'arrière pourra être échancrée dans sa région moyenne, si cela est nécessaire, par suite de la saillie des dômes des plaques tournantes ; elle pourra également être munie d'une porte pour faciliter le tirage pendant la marche en arrière. »

En fait, les cendriers que l'on emploie sur la plupart des machines sont des caisses complètement fermées par le bas et sur les côtés et pouvant s'ouvrir à l'avant ou à l'arrière, à l'aide de portes. L'usage de ces cendriers, fermés de toutes parts, s'est généralisé de plus en plus par suite des facilités que procure la manœuvre de leurs portes pour régler le tirage ; ils ont presque partout remplacé les cendriers sans fond, qui ne sont que des appareils de sûreté réglementaires, sans influence sur la consommation du combustible.

En hiver, lorsque la voie est couverte d'une certaine épaisseur de neige, le cendrier peut devenir d'une application impossible. Un décret du 30 mars 1874 a prévu le cas et admis que les compagnies pourraient être autorisées par arrêté ministériel à faire circuler, sur certaines sections de lignes et pendant des périodes déterminées, des locomotives dépourvues de cendrier.

Boîte à sable. — La boîte à sable, ou sablière, est un réservoir, généralement placé sur la chaudière, et contenant le sable destiné à être dirigé sur les rails devant les roues motrices dans le cas où l'adhérence fait défaut. A cet effet, la sablière est munie de deux tuyaux qui descendent de part et d'autre de la machine et viennent déboucher à une petite distance au-dessus des rails. L'orifice supérieur de ces tubes peut être ouvert ou fermé par le mécanicien au moyen d'une tige qu'il manœuvre de son poste.

Il est nécessaire que le sable soit répandu régulièrement et sans excès ; il faut pour cela qu'il soit toujours maintenu très sec, condition qui se trouve généralement remplie par la position de la sablière au-dessus de la chaudière. Cela n'est cependant pas toujours suffisant : il arrive que certains sables, même très secs, ne s'écoulent pas régulièrement par un orifice sous la simple influence de la gravité. On se sert, dans ce cas, d'un distributeur mécanique consistant dans une vis hélicoïdale montée sur un axe horizontal ;

quand le mécanicien fait tourner cet appareil, il pousse devant lui une colonne de sable qui s'écoule par les tuyaux. La figure 573 représente la coupe verticale de ce distributeur adapté à la boîte à sable.

Pour régulariser encore le débit de la sablière, on se sert souvent de l'appareil Gresham, qui comporte un petit éjecteur à vapeur installé en avant de la roue motrice ; le jet de vapeur en s'échappant aspire le sable et le répand avec une grande régularité et dans la proportion voulue sur le rail.

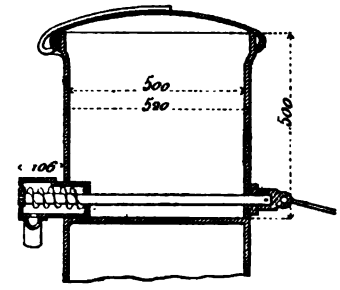


Fig. 573. — Boîte à sable.

Sur les lignes françaises, où la consommation de sable n'est pas très grande, la capacité des sablières ne dépasse guère un hectolitre. Sur les lignes à fortes pentes, où l'on a à lutter fréquemment contre le patinage des machines, la consommation de sable est bien plus grande et les dimensions des sablières sont plus considérables. A la traversée du *Semring* (Autriche), où les rampes sont de 25 millimètres, cette consommation atteint 2000 mètres cubes par an.

L'emploi du sable est surtout nécessaire : 1° au démarrage des trains, parce qu'on demande à ce moment à la machine un surcroît d'effort de traction ; 2° sur les longues rampes, parce que l'effort de traction y doit être également plus grand, pour vaincre la gravité ; 3° dans les souterrains, à cause de l'humidité permanente qui y règne et qui diminue beaucoup l'adhérence. Il peut donner également un surcroît de sécurité en augmentant l'action des freins. C'est ainsi que, lorsqu'un mécanicien siffle aux freins en présence d'un obstacle et qu'il doit par suite arrêter son train dans un délai très court, il ne doit jamais négliger de jeter du sable, pour augmenter l'efficacité des freins.

Appareils d'alimentation. — L'alimentation des chaudières de locomotives, qui avait lieu autrefois au moyen de pompes, se fait aujourd'hui presque uniquement à l'aide de l'injecteur automoteur inventé par M. Giffard, qui comporte d'ailleurs de nombreuses variétés et dont le principe est le suivant : l'eau d'alimentation est envoyée dans la chaudière au moyen d'un entraînement produit par un jet de vapeur emprunté à la chaudière elle-même.

La figure 574 représente la disposition de l'appareil Giffard primitif. Il se compose d'une tuyère A, dans laquelle on peut faire arriver la vapeur par le conduit F ; d'une cheminée B, destinée à recevoir le jet de vapeur et à le lancer dans le tube divergent C, après qu'il s'est condensé au contact de l'eau arrivant par le tuyau G ; d'une aiguille H, se mouvant dans la tuyère au

moyen de la manivelle *h*, de manière à ouvrir ou à fermer l'orifice de cette tuyère.

Pour pouvoir, avec cet appareil, aspirer l'eau par le conduit G et alimenter la chaudière, il faut d'abord faire remonter l'eau jusqu'en A ; à cet effet, on retire très peu l'aiguille H, un jet très fin de vapeur se produit et chasse par entraînement l'air contenu dans la cheminée et dans le tuyau G. L'appareil s'amorce et l'eau arrive dans le regard D. On tire en grand l'aiguille H ; la force vive du jet devient de plus en plus grande et finit par l'emporter sur la pression de la chaudière ; l'alimentation peut donc se produire.

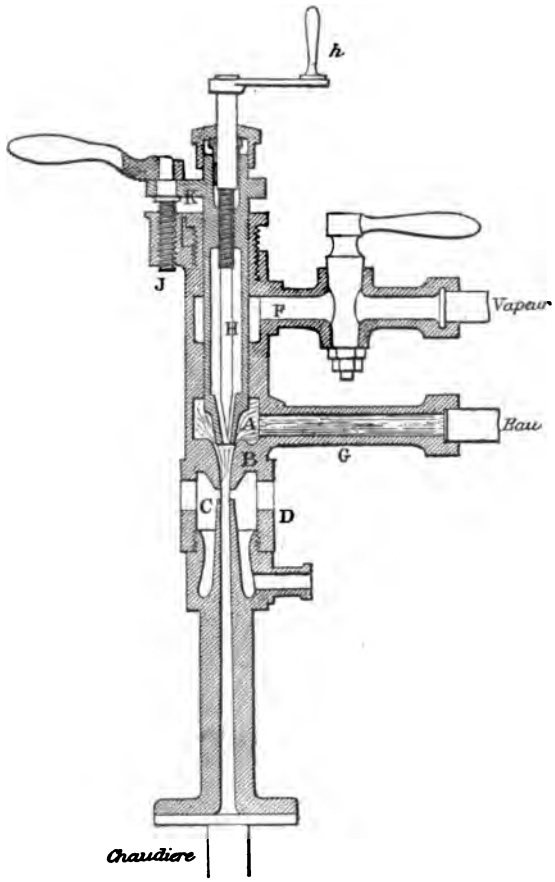


Fig. 574. — Injecteur Giffard.

La quantité d'eau débitée par cet appareil doit pouvoir varier avec sa température et avec la pression ; on la modifie en rapprochant plus ou moins la tuyère A de la cheminée B ; c'est l'orifice annulaire compris entre ces deux pièces qui règle le débit. La tuyère se prolonge par un cylindre creux jusqu'en K, où elle est munie d'une oreille mue par la vis J. Au droit de l'arrivée de vapeur F. des trous percés dans le cylindre qui prolonge la tuyère pour permettre à la vapeur d'y pénétrer.

L'injecteur Giffard[1] a été plus ou moins modifié et perfectionné par différents inventeurs, MM. Turck, Friedmann, Webb, Bouvret, etc., qui y ont apporté diverses simplifications destinées à en rendre le fonctionnement plus sûr. Ce sont les types d'injecteurs établis par ces différents inventeurs qui sont maintenant employés par les compagnies françaises.

Quelle que soit la variété à laquelle il appartient, l'injecteur a sur la pompe ordinaire un avantage considérable, puisqu'il permet d'alimenter même pendant les stationnements.

[1] Brevet du 8 mai 1858.

La hauteur d'aspiration avec les injecteurs est toujours assez faible; elle ne doit guère dépasser 1 mètre à 1,20 m. En outre, comme le fonctionnement de l'appareil est dû à la condensation du jet de vapeur au contact de l'eau aspirée, ce fonctionnement est d'autant plus satisfaisant que la température de l'eau est plus basse.

En pratique, cette température ne doit pas dépasser 40 à 50° environ; elle peut être d'autant plus élevée que la pression de la vapeur est plus grande.

Le débit d'un injecteur peut être représenté par la formule suivante :

$$q = ks\sqrt{p},$$

dans laquelle

q est le débit en litres par seconde;

k un coefficient variant de 0,90 à 1;

s la section minima du tube divergent en centimètres;

p la pression effective à la chaudière en kilogrammes par centimètre carré.

Pour une chaudière fonctionnant à 9 kilogrammes, avec un injecteur dont le divergent aurait 9 millimètres de diamètre, la formule donnerait :

$$q = 1{,}7 \text{ l. à } 1{,}9 \text{ l. par seconde.}$$

Pour mettre un injecteur en marche, il faut :

1° Fermer complètement l'aiguille et ouvrir successivement en plein le robinet de vapeur et le robinet d'eau;

2° Ouvrir lentement l'aiguille de 1/4 de tour environ, jusqu'à ce que l'eau jaillisse par le dégorgeoir;

3° A ce moment, ouvrir l'aiguille jusqu'à fond de course.

Quand l'injecteur refuse de fonctionner par suite de l'échauffement de l'eau du tender, le mécanicien doit refroidir cette eau, en renouvelant son approvisionnement aussitôt qu'il le peut.

Dans le but d'assurer en tout temps l'alimentation, pour le cas où l'appareil viendrait à se déranger, les machines possèdent soit deux injecteurs soit un injecteur et une pompe ordinaire.

Appareils de sûreté. — Conformément aux prescriptions du décret du 30 avril 1880, chaque chaudière de locomotive est munie des appareils de sûreté ci-après :

1° Deux soupapes, chargées de manière à laisser la vapeur s'écouler, dès que sa pression effective atteint le maximum indiqué par le timbre. La charge du levier des soupapes est obtenue par un ressort en spirale, tendu de manière à satisfaire à la condition ci-dessus et qu'on appelle *balance de sûreté*;

2° Un manomètre, généralement le manomètre métallique de Bourdon, qui indique en kilogrammes la pression effective dans la chaudière;

3° Deux tubes en verre indicateurs du niveau de l'eau, qui communiquent librement avec la chaudière et portent une marque très apparente, indiquant le niveau au-dessous duquel l'eau ne doit jamais descendre.

Mentionnons encore les bouchons fusibles, formés d'un noyau enchâssé dans un tampon en cuivre ou en fer, qui est vissé dans le ciel du foyer. Leur but est de protéger cette partie de la chaudière contre les coups de feu, qui peuvent résulter de l'abaissement du niveau de l'eau au-dessous du ciel du foyer. Lorsqu'un coup de feu se produit, le bouchon de plomb fond immédiatement et la vapeur, se précipitant dans le foyer, éteint le feu.

Chaque chaudière possède enfin un sifflet formé par une cloche de bronze, qui entre en vibration sous l'action d'un jet de vapeur, et des bouchons de vidange, placés à la partie inférieure et fermés par des autoclaves.

Explosions des chaudières. — Indépendamment des explosions qui peuvent se produire par suite d'un manque de résistance d'une chaudière neuve ou d'une diminution de résistance d'une chaudière usée ou altérée par des dépôts, nous devons signaler celles qui sont dues aux causes accidentelles suivantes :

1° *L'augmentation brusque de pression.* — Elle se produit le plus souvent par suite du calage des soupapes, qu'il soit le résultat d'un accident ou celui de la volonté du mécanicien. Si invraisemblable que cela paraisse, on a vu des mécaniciens caler leurs soupapes, c'est-à-dire les empêcher de fonctionner et risquer ainsi leur vie et celle de beaucoup d'autres personnes, dans le but d'obtenir une plus grande pression, leur permettant de gagner une prime ou d'éviter une amende. Avec une bonne chaudière, timbrée à 8, il suffit de vingt minutes du calage des soupapes pour que la pression atteigne ou dépasse 20 atmosphères, ce qui rend une explosion imminente. L'observation attentive du manomètre doit avertir le mécanicien et le mettre à l'abri de cette cause d'explosion, lorsqu'elle n'est pas due à un calage volontaire des soupapes.

2° *La surchauffe.* — Elle est due le plus souvent à la baisse exagérée du plan d'eau ; quand elle se produit au foyer, elle diminue la résistance des tôles par suite de l'élévation de la température. A 350°, la résistance du cuivre diminue de 25 p. 100 ; au rouge, elle diminue de 90 p. 100 et une explosion est certaine. On évite cette cause d'explosion par une observation attentive des indicateurs de niveau d'eau ; de plus, quand un mécanicien s'aperçoit d'un commencement de surchauffe, il doit abattre rapidement son feu et n'alimenter que lorsque la tôle a repris sa température normale ; autrement, le contact de l'eau avec la tôle surchauffée pourrait produire une vaporisation très abondante susceptible d'amener une explosion.

CHAPITRE II

LE MÉCANISME

§ 1er. — Distribution de la vapeur. — Distribution par excentrique circulaire et tiroir en coquille. — Etude de la distribution. Epure circulaire de Reech. — Changement de marche. Coulisses de Stéphenson, de Gooch, d'Allan ou de Trick. — Distribution à un seul excentrique de Walschaert.

§ 2. — Organes principaux du mécanisme. — Cylindres. — Pistons. — Bielles. — Tiroirs.

§ 3. — Modifications apportées par M. Ricour aux locomotives du réseau de l'Etat. — Soupapes de rentrée d'air. — Tiroirs cylindriques. — Augmentation du rendement des machines en travail utile. — Amélioration de l'adhérence. — Ecrans réfractaires. — Surfaces de moindre résistance. — Influence de ces modifications sur le prix de revient de la traction.

§ 4. — Locomotives Compound. — Locomotives à deux, trois et quatre cylindres. — Locomotives à vapeur surchauffée.

Le mécanisme comprend l'ensemble des appareils destinés à utiliser la pression de la vapeur pour produire le mouvement des roues de la locomotive; c'est lui qui constitue la machine proprement dite.

Il se compose essentiellement, dans les locomotives à simple expansion, de deux cylindres conjugués, dans lesquels la pression de la vapeur produit, au moyen d'organes de distribution convenablement disposés, le mouvement rectiligne alternatif de deux pistons; les tiges de ces pistons déterminent, au moyen de deux manivelles calées à angle droit sur l'essieu moteur, la rotation des roues de cet essieu, et, dans les machines qui ont besoin d'un grand poids adhérent, des bielles d'accouplement rendent le mouvement des roues porteuses solidaire de celui des roues motrices.

Avant de décrire sommairement ces différents organes, il est nécessaire d'exposer les principes des mécanismes les plus employés pour distribuer la vapeur aux cylindres des locomotives.

§ 1er. — DISTRIBUTION DE LA VAPEUR

La figure 575 représente sommairement les dispositions essentielles de la distribution par tiroir plan.

A est une boîte accolée au cylindre et dans la quelle la vapeur afflue librement tant que le régulateur est ouvert. Sur le fond de cette boîte débouchent trois lumières, deux d'admission F, F, une d'échappement E, en forme de rectangles très allongés. Pour que le piston C prenne dans le cylindre B un mouvement rectiligne alternatif, il faut que la vapeur agisse successivement sur chacune des faces du piston, pendant que l'autre communique librement avec l'atmosphère.

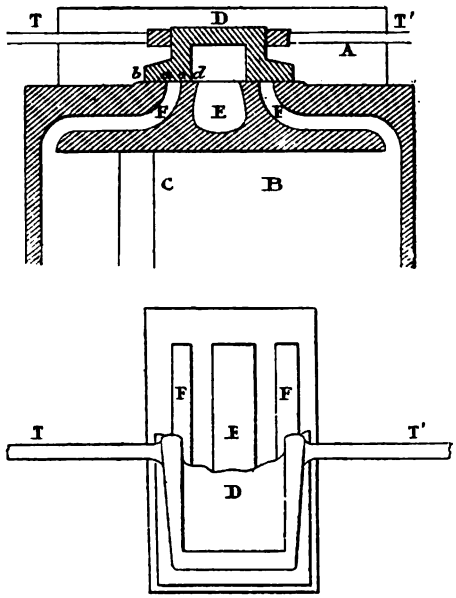


Fig. 575. — Distribution de la vapeur.

Cette condition est réalisée au moyen du *tiroir* D. C'est une pièce en forme de boîte renversée, qui est appliquée par la pression de la vapeur contre la table des lumières et qui se meut dans la boîte à vapeur, en recouvrant constamment la lumière d'échappement et alternativement chacune des deux lumières d'admission.

Le mouvement rectiligne alternatif du tiroir est commandé par un excentrique circulaire, monté sur l'essieu moteur, et dont la bielle est articulée avec la tige T du tiroir. Quelquefois une contre-tige T', passant à travers un presse-étoupe, sert à guider plus complètement le tiroir.

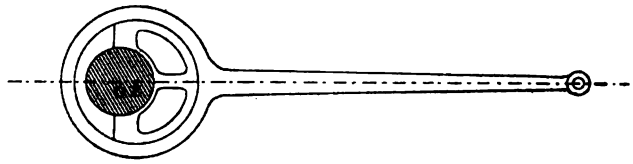


Fig. 576. — Excentrique circulaire.

Si on désigne par r le rayon d'excentricité, c'est-à-dire la distance du centre de l'essieu moteur O, au centre de l'excentrique E (fig. 576), on voit facilement que cet appareil est l'équivalent d'une manivelle du rayon r, et que la course totale du tiroir est égale à $2r$. Le mouvement du piston et celui du tiroir sont donc exactement de même nature; celui du piston communique à l'essieu moteur un mouvement de rotation uniforme par l'intermédiaire d'une bielle et d'une manivelle et, réciproquement, le tiroir reçoit de l'essieu moteur, au moyen d'une manivelle et d'une bielle, un mouvement alternatif.

Quant à la position relative de ces deux manivelles, elle résulte des con-

ditions même de la distribution, conditions qui sont caractérisées par les *avances* et la *détente*, et qui, dans les locomotives, sont réalisées de la manière suivante.

Les barrettes du tiroir sont plus larges que les lumières d'admission; le tiroir étant dans sa position moyenne (fig. 575), la quantité *ab*, dont la barrette déborde la lèvre extérieure de la lumière d'admission, s'appelle le *recouvrement extérieur ;* la quantité *cd*, dont elle déborde la lèvre intérieure de la même lumière, s'appelle le *recouvrement intérieur*.

Avec un tiroir ainsi disposé, il faut évidemment, pour que la vapeur puisse être admise sur une face du piston dès le commencement de sa course, que le tiroir se soit à ce moment écarté de sa position moyenne, représentée par la figure 575, d'une quantité égale au recouvrement extérieur e; mais cette condition n'est pas suffisante. A cause du temps perdu dans la transmission des mouvements du piston à l'essieu et de l'essieu au tiroir, par suite du jeu aux articulations et de la flexion des pièces, il faut encore que la lumière d'admission soit déjà démasquée d'une petite quantité au moment où le piston va commencer sa course ; c'est ce qu'on appelle l'*avance à l'admission*. Nommons-la a. Il faudra donc que, lorsque le piston est à l'origine de sa course, le tiroir ait dépassé sa position moyenne d'une quantité égale à $e + a$.

L'angle de calage de la manivelle d'excentrique s'en déduit immédiatement, si l'on suppose que le mouvement du tiroir se fasse parallèlement à celui du piston, ce qui revient à négliger l'obliquité de la bielle d'excentrique ; cette simplification est permise, en raison de la longueur de cette pièce par rapport au rayon d'excentricité. Il suffit, pour produire ce déplacement du tiroir, que la manivelle d'excentrique s'écarte de la position verticale, qui correspondrait à la position moyenne du tiroir, d'un angle dont le sinus soit égal à $\frac{e+a}{r}$, c'est-à-dire que le rayon d'excentricité, au lieu d'être calé à angle droit sur la manivelle motrice, fasse avec elle un angle égal à $90° + \omega$, l'angle ω étant donné par la relation

$$\sin \omega = \frac{e+a}{r}.$$

L'angle ω s'appelle l'*avance angulaire* et la quantité $e + a$, dont le tiroir doit avoir dépassé sa position moyenne au commencement de la course du piston, s'appelle l'*avance linéaire*.

De même qu'il faut une avance à l'admission, il faut aussi une *avance à l'échappement*, c'est-à-dire qu'au moment où le piston est à l'extrémité de sa course, le tiroir doit déjà avoir mis l'autre face du piston en communication avec la lumière d'échappement; cela est nécessaire pour diminuer le travail dû à la contre-pression de la vapeur qui reste de la course précédente du

piston, vapeur qu'il doit refouler devant lui pour accomplir sa nouvelle course.

Il est clair que l'avance à l'admission a correspond à une avance à l'échappement de même valeur; on donne généralement à cette dernière une valeur plus grande, pour réduire d'autant le travail résistant de la vapeur, ce qui est facile à réaliser au moyen du recouvrement extérieur.

Quant à la *détente* de la vapeur, qui est une condition importante de l'utilisation économique de la machine, elle se réalise aussi très simplement au moyen des dispositions précédentes, ainsi que nous allons le voir.

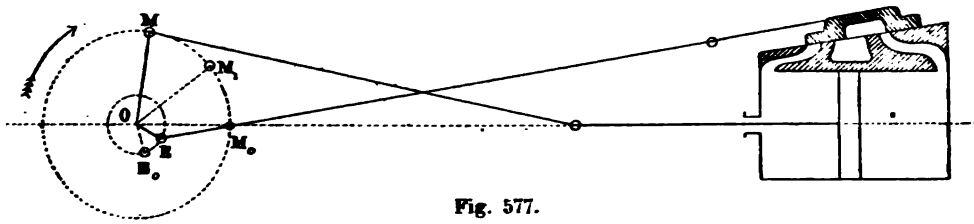


Fig. 577.

Etudions, en effet, de plus près les différentes phases de la distribution.

Soient (fig. 577) OM la manivelle;

OE, le rayon d'excentricité;

$\alpha = MOE$, l'angle de calage;

E_0, la position du centre de l'excentrique quand le tiroir est au milieu de sa course; la position correspondante de la manivelle est OM_1 ($E_0OM_1 = \alpha$);

M_0, la position du bouton de manivelle au point mort, c'est-à-dire quand la tige du piston et la bielle sont dans le prolongement de la manivelle;

$\omega = M_1OM_0$, l'avance angulaire, qui n'est autre chose que l'angle que la manivelle a encore à décrire pour arriver au point mort, à l'instant où le tiroir est dans sa position moyenne.

La position OE_0 du rayon d'excentricité, correspondant à la position du tiroir à mi-course, s'obtient en abaissant du point O une perpendiculaire sur la table des lumières (on néglige ainsi l'obliquité de la bielle d'excentrique).

Pour simplifier l'étude du mouvement des organes de la distribution, nous supposerons en outre que le mouvement du tiroir se fasse parallèlement à celui du piston, ce qui revient à faire tourner l'ensemble de la distribution (excentrique, bielle d'excentrique, tige du tiroir et table des lumières) autour du point O de l'angle que fait la table des lumières avec le cylindre.

La machine étant supposée ramenée à ce type, on voit facilement, en suivant le mouvement des différents organes pendant une révolution, que la rotation de l'essieu moteur se fait dans un sens tel que le rayon d'excentricité précède la manivelle d'un angle égal à $90° + \omega$.

Projetons sur un plan perpendiculaire à l'axe de rotation les mouvements des diverses pièces qui s'y rattachent. Les points M et E décriront autour

du point O des cercles et l'angle de calage MOE restera constant. Les bielles qui servent à réunir ces points à la tige du piston et à celle du tiroir étant généralement assez longues pour qu'on puisse négliger leur obliquité, les mouvements du piston et du tiroir seront respectivement égaux à ceux des projections de ces points sur l'axe du cylindre ou sur la table des lumières, supposée parallèle à cet axe.

Pour avoir le mouvement d'un point quelconque du tiroir, par exemple du

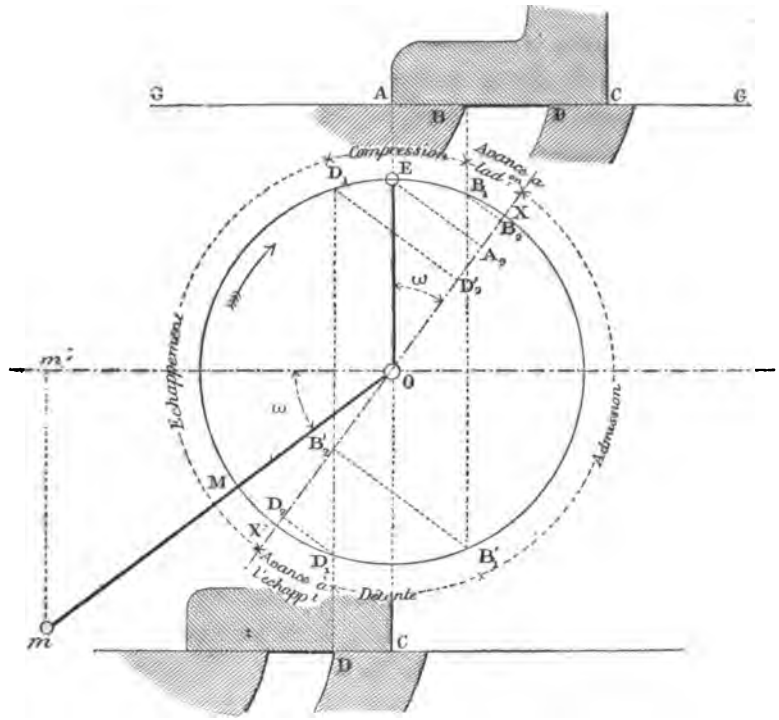


Fig. 578. — Épure circulaire de Reech.

bord extérieur (fig. 578), il suffit, d'après ce qui précède, de faire coïncider ce point avec la projection A du centre d'excentricité E sur la table des lumières GG. Le point E se déplaçant sur le cercle qu'il décrit autour du point O, le bord du tiroir coïncidera toujours avec la projection du point E.

Choisissons comme position initiale la position initiale du tiroir; le rayon d'excentricité est alors perpendiculaire au plan GG. Prenons AB $= e$, recouvrement extérieur, et BD = la largeur de la lumière.

Le mouvement ayant lieu dans le sens indiqué par la flèche, l'admission commencera quand le bord du tiroir passera en B, c'est-à-dire quand le centre de l'excentrique sera en B_1 sur la verticale du point B; elle se terminera en B'_1 sur la verticale du même point, de sorte que l'arc de cercle $B_1 B'_1$ représente la période d'admission.

A partir de ce point commence la *détente ;* la vapeur, confinée dans le cylindre, pousse devant elle la face du piston pendant que sa pression diminue, et cette période de détente dure jusqu'à ce que le tiroir mette cette face du piston en communication avec l'atmosphère, en découvrant la lumière BD.

Pour étudier cette période de la distribution, qui dépend du mouvement du bord intérieur C du tiroir, faisons coïncider le point C avec la projection de E sur une ligne horizontale tracée au bas de la figure, et prenons CD égal au recouvrement intérieur. La détente se terminera et l'échappement commencera quand le point C passera en D, c'est-à-dire quand le centre de l'excentrique sera en D_1 sur la verticale du point D; l'échappement se terminera quand le centre de l'excentrique passera en D'_1 sur la même verticale.

Pour étudier maintenant les mouvements du piston, on pourrait tracer la position O*m* de la manivelle correspondant à la position OE de l'excentrique, en prenant *m*OE égal à l'angle de calage, puis considérer les mouvements de la projection du bouton de manivelle *m* sur l'horizontale O*m'*.

On simplifie cette construction au moyen des deux artifices suivants :

1° On réduit l'échelle de la manivelle, ce qui revient à réduire l'échelle de la course du piston, et on ramène le point *m* en M sur la circonférence décrite par le centre de l'excentrique ;

2° On fait tourner la manivelle et son plan de projection O*m'* autour du point O d'un angle égal à l'angle de calage, de manière que le point M vienne coïncider avec le point E. Le plan de projection prend alors la position XX', telle que OX fasse avec OE un angle ω égal à l'avance angulaire.

Dès lors, les projections successives du point E sur XX' représenteront les positions correspondantes du piston, dont la course totale est XX'.

On obtient ainsi les résultats suivants :

A_2,	position du piston quand le tiroir est dans sa position moyenne ;	
B_2,	—	au commencement de l'admission ;
B'_2,	—	à la fin de l'admission ;
D_2,	—	au commencement de l'échappement ;
D'_2,	—	à la fin de l'échappement.

Par suite, les différentes phases de la distribution sont les suivantes, le piston partant, par exemple, de la position B_2 qui précède un peu l'extrémité de sa course :

De B_2 en X, le piston reçoit de la vapeur avant d'être à l'extrémité de sa course; c'est l'*avance à l'admission.*

De X en B'_2, le piston reçoit la vapeur motrice; c'est la période d'*admission* normale.

Au point B'_2 l'admission cesse et le piston continue sa course jusqu'en X'; il y a donc *détente* de la vapeur motrice, qui pousse devant elle le piston pendant que sa pression diminue; cette période de détente dure jusqu'en D_2.

Au point D_2 commence l'échappement, le piston n'ayant pas encore atteint l'extrémité de sa course; D_2 X' représente donc l'*avance à l'échappement*.

De X' en D'_2, la vapeur s'échappe librement pendant que le piston revient en arrière; c'est la période d'*échappement* normal.

Au point D'_2 l'échappement cesse; la vapeur n'étant plus en communication avec l'atmosphère et le piston continuant sa marche dans le même sens, il y a *compression* de cette vapeur jusqu'au point B_2, où commence l'admission anticipée.

Le procédé graphique que nous venons d'employer pour étudier la distribution est connu sous le nom d'*épure circulaire de Reech*. Il existe un grand nombre d'autres procédés qui permettent d'arriver au même résultat.

De l'examen de l'épure de Reech on déduit les conséquences suivantes, au point de vue des effets de l'avance et des recouvrements :

1° — En augmentant le recouvrement extérieur, on réduit l'avance à l'admission et surtout l'admission elle-même; par suite, on augmente la détente;

2° — En augmentant le recouvrement intérieur, on réduit l'avance à l'échappement et on augmente la période de compression;

3° — En augmentant l'avance angulaire ω, on augmente à la fois l'avance à l'admission, la détente, l'avance à l'échappement et la compression.

Ainsi que nous l'avons déjà fait connaître, l'avance à l'échappement est toujours plus grande que l'avance à l'admission, ce qui s'obtient en augmentant le recouvrement extérieur, et en diminuant le recouvrement intérieur; le second est toujours plus petit que le premier.

Les valeurs relatives des différents éléments d'une distribution, avance angulaire et recouvrements, se déterminent d'après les conditions du travail que doit produire la machine. Les locomotives devant fonctionner avec une large détente, il faut leur donner une grande avance angulaire et un grand recouvrement extérieur; cela conduit à exagérer la compression, mais c'est un inconvénient très acceptable en présence des avantages d'une grande détente. Il faut remarquer d'ailleurs que le travail résistant dû à la compression n'est pas tout entier à déduire du bénéfice de travail que procure la détente; en effet, la vapeur comprimée derrière le piston pendant sa course n'est pas perdue; elle se réunit à la vapeur motrice qui agit sur l'autre face du piston pendant la course suivante et diminue, dans une certaine mesure, la quantité de vapeur à fournir par la chaudière.

Avec les pressions habituelles des locomotives, l'admission varie entre 1/3 et 1/4 de la course. L'avance à l'échappement et la période de compression peuvent, sans inconvénient, atteindre le 1/5 de la course et même dépasser ce chiffre pour les grandes vitesses. L'avance à l'admission est

toujours beaucoup plus petite; il ne servirait à rien de l'augmenter, puisque son but se trouve atteint avec une valeur très réduite.

Quant à l'avance angulaire, elle est souvent réglée aux environs de 30°.

Changement de marche. — Les locomotives doivent pouvoir marcher aussi facilement en arrière qu'en avant; il faut donc qu'elles soient munies d'un appareil de changement de marche d'une manœuvre facile et sûre. Le mécanisme le plus fréquemment employé dans ce but est la *coulisse de Stéphenson*. Voici l'origine et la description de cet appareil.

Nous avons vu que la rotation des roues motrices, dans la locomotive du type considéré, se fait, dans un sens tel que le rayon de l'excentrique précède la manivelle. Dès lors, pour changer le sens du mouvement, il suffira de modifier le calage de l'excentrique et, au lieu de donner à l'angle de calage la valeur $90° + \omega$ en avant de la manivelle, de lui donner cette même valeur en arrière de la manivelle.

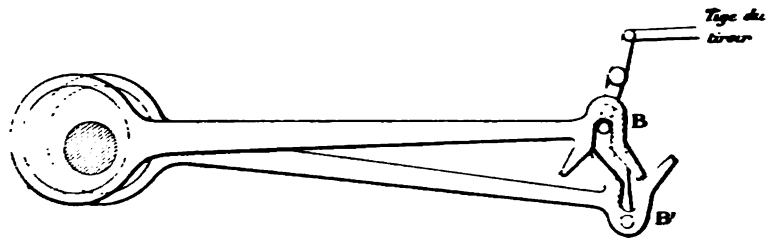


Fig. 579. — Changement de marche à deux excentriques.

Dans les anciennes locomotives, ce résultat était obtenu au moyen de deux excentriques différents fixés sur l'essieu moteur et réalisant les deux angles de calage indiqués ci-dessus; chaque bielle était terminée par un pied de biche B, B' (fig. 579) que le mécanicien pouvait mettre successivement en prise avec le manneton qui commandait le tiroir. Cette manœuvre s'opérait à l'aide d'une tringle de relevage, dont le déplacement était renvoyé par des mouvements de sonnette aux deux bielles.

C'est à Stéphenson qu'on doit l'idée de réunir les deux pieds de biche en une seule pièce restant constamment en prise avec la tige du tiroir (fig. 580). Cette pièce, de forme circulaire, s'appelle la coulisse : on nomme *coulisseau* le manneton par lequel cette pièce commande la tige du tiroir.

En mettant, au moyen du levier de manœuvre L, le coulisseau successivement en prise avec les extrémités supérieure et inférieure de la coulisse, on a, dans le premier cas, la marche en avant et, dans le second, la marche en arrière, comme avec les deux excentriques à pied de biche.

Mais la coulisse de Stéphenson jouit d'une propriété spéciale; c'est que, si l'on place le coulisseau en des points intermédiaires entre les deux

extrémités de la coulisse, on modifie les conditions de la distribution et on augmente la détente. Quand le coulisseau se déplace entre l'extrémité supérieure de la coulisse et son milieu, il donne la marche en avant, avec des admissions de plus en plus réduites; entre le milieu et l'extrémité inférieure, il donne la marche en arrière, avec des admissions de plus en plus prolongées. Quand le coulisseau est placé au milieu de la coulisse, il reste à peu près immobile sous les influences contraires des deux excentriques; le tiroir se maintient à peu près stationnaire et la machine ne peut, sous la seule action de la vapeur, marcher ni dans un sens ni dans l'autre. On dit alors que la distribution est au *point mort*.

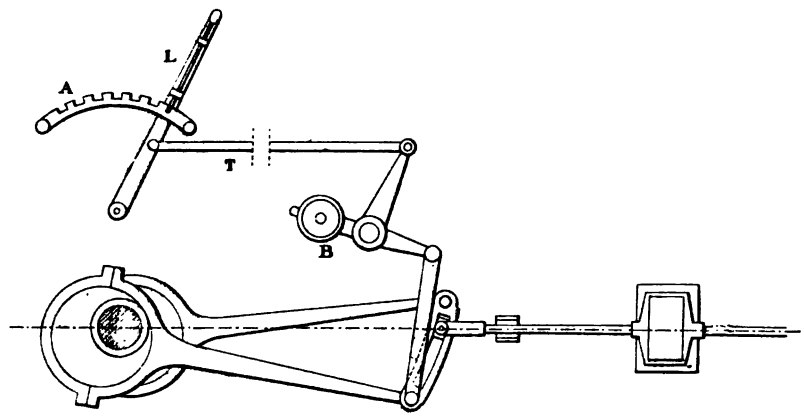


Fig. 580. — Coulisse de Stéphenson.

Cet appareil, imaginé en vue de remplacer par un mécanisme plus simple et plus sûr les excentriques à pied de biche, fournit donc un moyen de faire varier la détente sur les locomotives. Pour réaliser, à volonté, différents degrés de détente, on s'est servi d'abord d'un *levier de changement de marche* L, muni d'un verrou à ressort qui mordait dans des *crans de détente* pratiqués sur un arc fixe A : le levier, ainsi arrêté dans diverses positions, agissait sur l'arbre de relevage B par l'intermédiaire de la tringle T.

Mais cette disposition présente un inconvénient; le tiroir, pressé par la vapeur sur la table des lumières y excerce un frottement considérable, qui se transmet par les divers organes jusqu'au levier L, de sorte que si l'on vient, pendant la marche, à déclancher le verrou, le levier peut être violemment projeté et blesser le mécanicien. Il fallait donc toujours avoir la précaution, avant de manœuvrer le levier, de fermer le régulateur, de manière à décharger le tiroir; or, cette opération occasionne une perte de temps qui peut être dangereuse en présence d'un obstacle surgissant tout à coup sur la voie.

On a donc remplacé le levier à verrou par un *changement de marche à*

vis (fig. 581) qui peut se manœuvrer en toute sécurité, même en pleine marche; un petit verrou V permet d'arrêter le volant de manœuvre et une réglette R porte l'indication des détentes.

Le changement à vis a rendu réellement pratique l'emploi de la détente variable et celui de la marche à contre-vapeur sur les pentes, dont nous parlerons ultérieurement.

Les mouvements des diverses pièces d'une distribution par coulisse sont très compliqués. On peut les étudier approximativement au moyen d'une

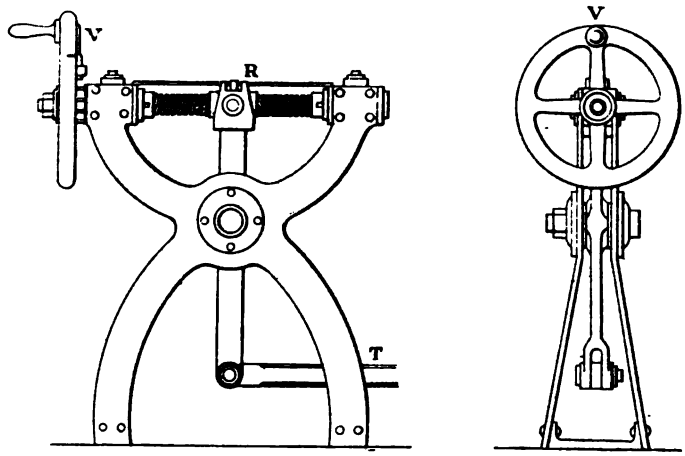


Fig. 581. — Changement de marche à vis.

épure circulaire analogue à celle de Reech; on déduit de l'examen de cette épure les conséquences suivantes :

A mesure que le coulisseau se rapproche du point mort : 1° les avances à l'admission et à l'échappement augmentent; 2° la détente augmente beaucoup; 3° la compression augmente aussi, mais moins rapidement que la détente, sauf tout près du point mort.

On démontre également, au moyen de calculs dont le détail se trouve dans l'ouvrage de M. Couche[1], que, si la coulisse a la forme d'un arc de cercle décrit avec un rayon égal à la longueur de l'une des barres d'excentrique, le milieu du tiroir oscille, dans toutes les positions de la coulisse, de part et d'autre d'un plan, dont la distance D à l'axe de l'essieu moteur est donnée par la formule :

$$D = b + l - \frac{r^2}{2b} \cos^2\omega ;$$

b est la longueur d'une des barres;
l la distance du centre du coulisseau au milieu du tiroir
r le rayon d'excentricité;
ω l'avance angulaire.

[1] Couche. *Ouvrage cité*, t. III.

Dans une distribution bien réglée, l'axe des oscillations du tiroir doit coïncider avec le milieu de la lumière d'échappement.

Il existe plusieurs variétés de la coulisse de Stéphenson :

1° La *coulisse de Gooch*, ou *coulisse renversée* (fig. 582). Elle est suspendue par son milieu A à un point fixe B, et commande le tiroir par une tige

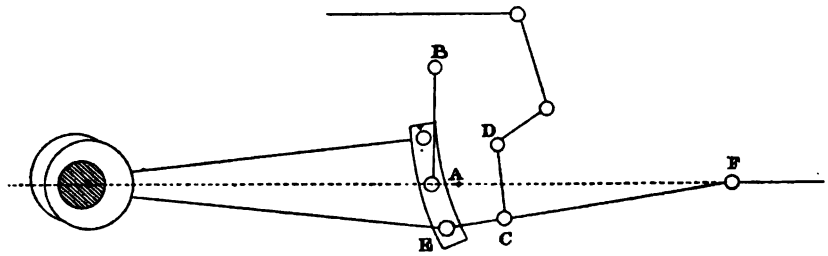


Fig. 582. — Coulisse de Gooch.

EF, sur laquelle agit la bielle de relevage CD. La concavité de la coulisse est tournée du côté du tiroir et son rayon est égal à la longueur de la bielle EF.

La manœuvre de cette coulisse est un peu plus douce que celle de la coulisse de Stéphenson, parce que la bielle de relevage est moins chargée. Elle donne des avances invariables pour tous les degrés de la détente, tant pour la marche en avant que pour la marche en arrière.

2° La *coulisse d'Allan* ou *de Trick* (fig. 583). C'est un système intermé-

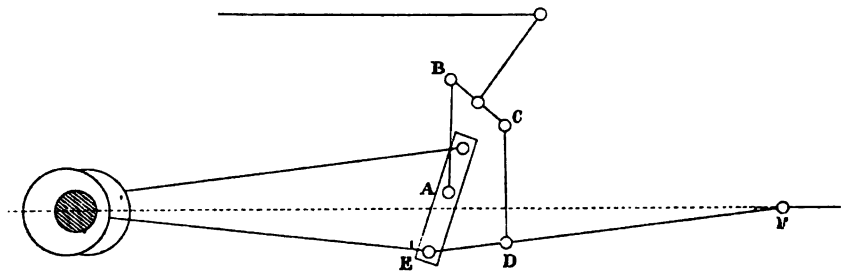


Fig. 583. — Coulisse d'Allan ou de Trick.

diaire entre les deux précédents : la coulisse est reliée au tiroir par une bielle EF, comme dans la distribution de Gooch, et son point de suspension B est mobile, comme dans celle de Stéphenson.

Sous l'action des deux bielles de relevage AB et CD, la coulisse s'abaisse en même temps que la bielle du tiroir se relève, ce qui permet, avec des proportions convenables, de donner à la coulisse une forme rectiligne.

Cet appareil est plus compliqué que les précédents, sans présenter sur eux d'avantage marqué. Avec des éléments convenables, il donne également des avances à peu près constantes.

Ces trois types de distribution sont à peu près équivalents et, comme l'in-

variabilité des avances n'a pas une grande importance en pratique, beaucoup d'ingénieurs préfèrent la coulisse de Stéphenson, qui est la plus simple.

Sous ces différentes formes la coulisse donne, en somme, une distribution assez irrégulière, aussi défectueuse pour les grandes détentes que la distribution par excentriques séparés, dont elle dérive. Mais elle présente l'avantage d'être d'une manœuvre plus simple et plus sûre et de fournir un moyen pratique de réaliser la variation de la détente, condition très importante dans les locomotives, qui sont des machines destinées à fonctionner à des vitesses très variables.

Il faut remarquer, d'ailleurs, que les grandes détentes ne s'emploient que pour la marche à grande vitesse, et alors les avances exagérées que donne la coulisse de Stéphenson ne sont plus un inconvénient et deviennent même nécessaires.

On emploie beaucoup depuis quelques années, sur la plupart des réseaux français et étrangers, la distribution de *Walschaerts*, imaginée vers 1844 par un chef d'atelier des chemins de fer de l'État belge, et dans laquelle le tiroir est conduit, non plus par deux excentriques, comme dans les distributions précédentes, mais par un seul et par le piston lui-même. Cet appareil est léger et d'une manœuvre très douce ; son emploi est notamment commode lorsque les tiroirs sont placés au-dessus des cylindres extérieurs[1].

Remarques. — 1° Nous avons dit précédemment que, lorsque la distribution est au point mort, c'est-à-dire quand le coulisseau est vers le milieu de la coulisse, le tiroir est sensiblement immobile et que la machine ne peut marcher ni dans un sens ni dans l'autre.

En réalité, il n'en est pas tout à fait ainsi : par suite des perturbations dues au jeu des différents organes, aux trépidations, aux déplacements de l'essieu moteur par rapport au cylindre, le tiroir a encore un léger mouvement et donne une petite admission quand le coulisseau est au point mort; la machine produit donc un travail et cela, quel que soit le sens de la rotation de l'essieu. Pour cette raison, il existe généralement sur la coulisse, de part et d'autre de son milieu, une sorte de zone neutre, qui permet à la machine, lorsque le coulisseau s'y trouve placé, de marcher indifféremment dans les deux sens. Cette zone, qui est peu étendue, n'a pas d'inconvénient en pratique; mais son existence prouve qu'il ne faut jamais oublier de fermer le régulateur d'une machine au repos, dont le coulisseau est, par suite, au point mort.

[1] Il existe un grand nombre d'autres systèmes de distribution, dans le détail desquels nous ne pouvons pas entrer. On en trouvera la description dans les ouvrages spéciaux sur les locomotives, que nous avons déjà cités. Nous traitons plus loin la question des tiroirs cylindriques qui, employés depuis longtemps sur le réseau de l'État, paraissent appelés à se développer de plus en plus, notamment sur les machines modernes de grande puissance.

2° Nous avons supposé dans ce qui précède que la coulisse est articulée par son extrémité supérieure avec la barre d'excentrique de marche en avant; c'est, en effet, le cas le plus fréquent. Mais la disposition inverse est appliquée quelquefois ; c'est alors la partie inférieure de la coulisse qui commande la marche en avant et sa partie supérieure qui commande la marche en arrière. Dans le premier cas la coulisse est dite à *barres droites ;* dans le second elle est à *barres croisées.* Ces deux dénominations ne correspondent d'ailleurs exactement qu'à la situation des barres à l'origine de la course directe du piston ; il est clair, en effet, que, dans les deux dispositions, les barres se croisent et se décroisent pendant le cours d'une révolution complète.

3° La bielle de relevage de la coulisse de Stéphenson est articulée tantôt sur son extrémité inférieure, comme dans la figure 580, tantôt sur son milieu, tantôt, mais plus rarement, sur son extrémité supérieure. Le premier mode a l'avantage de donner une bielle de suspension plus longue et de diminuer les oscillations verticales de la coulisse pendant la rotation de l'essieu.

§ 2. — ORGANES PRINCIPAUX DU MÉCANISME

Cylindres. — Les cylindres sont coulés en fonte dure de première qualité ; on leur donne une épaisseur de 25 à 30 millimètres, pour tenir compte de l'usure et pour permettre de les aléser à nouveau, quand ils ont perdu leur forme régulière.

Le volume des cylindres est, comme nous l'avons vu, un élément important au point de vue de l'effort de traction de la locomotive, effort qui dépend de la fonction d^2l, d étant le diamètre intérieur du cylindre et l la course du piston.

D'après M. Couche, la valeur de la fonction $\frac{d^2l}{S}$ (S étant la surface de chauffe en mètres carrés) doit être d'autant plus grande que la machine marche à plus petite vitesse, et on ne doit pas craindre de donner de grandes dimensions aux cylindres des machines à marchandises, afin de permettre une large détente. Dans les machines à voyageurs, le rapport $\frac{d^2l}{S}$ ne devrait pas descendre au-dessous de 0,001 ; il doit dépasser ce chiffre pour les autres machines.

La quantité d^2l étant déterminée, on peut la réaliser par différentes valeurs de d et de l; dans les locomotives, la course du piston est presque toujours inférieure au double de son diamètre, elle varie généralement entre $1,5 \times d$ et $2\ d$.

Les fonds des cylindres sont munis de *purgeurs*, destinés à évacuer l'eau qui s'y condense pendant les arrêts ou qui s'y trouve entraînée par la vapeur pendant la marche.

Pistons. — Les pistons doivent être aussi légers que possible, afin de diminuer la fatigue des pièces qui les mettent en mouvement. Le piston *Ramsbottom*, formé d'un seul disque plat soudé à la tige, est, à ce point de vue, le meilleur de tous. On emploie également le piston double, ou creux, formé de deux disques semblables, mais moins épais, soudés par leurs bords.

Les pistons de locomotives se font exclusivement en fer forgé.

Le diamètre des disques qui forment le piston est toujours inférieur de 5 à 6 millimètres à celui du cylindre; pour établir un contact bien étanche entre le pourtour du piston et la surface du cylindre, on creuse, sur le pourtour du piston, deux ou trois rainures, dans lesquelles on force des segments (fig. 584), soit en acier, soit en fonte, soit en métal antifriction, qui rachètent la différence de diamètre et sont constamment en contact avec la surface du cylindre, en exerçant sur elle une pression aussi faible que possible.

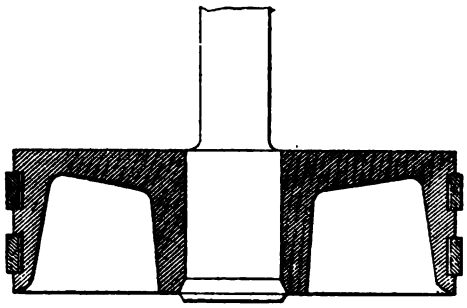


Fig. 584. — Segments du piston.

La tige du piston se fait en fer ou en acier; elle traverse le fond du cylindre au moyen d'une garniture étanche, connue sous le nom de *Stuffing-box* et se termine à son extrémité extérieure par une tête en fer forgé, qu'on appelle *crosse* ou *coquille* du piston. Cette pièce glisse à frottement doux entre deux guides parallèles, appelés *glissières*, qui servent à assurer la direction rectiligne du mouvement du piston.

Bielles. — La crosse du piston reçoit la petite tête de la bielle motrice, qui sert, au moyen de la manivelle fixée sur l'essieu moteur, à produire le mouvement de rotation de cet essieu. C'est une pièce qui doit être alternativement tirée et comprimée; on lui donne généralement un profil rectangulaire, avec une section suffisante pour résister aux efforts qu'elle a à supporter. Elle se fait en fer ou en acier.

Les bielles d'accouplement se déterminent de la même manière; mais on leur donne, par rapport aux efforts normaux auxquels elles doivent résister, une résistance plus grande que celle des bielles motrices. Cela tient à ce que, lorsqu'il existe une légère inégalité dans le diamètre des roues accouplées, elles peuvent être soumises à des efforts additionnels considérables.

La longueur des bielles d'accouplement doit être réglée avec le plus grand soin ; elle doit être exactement la même de chaque côté de la machine pour éviter les frottements, l'usure, et même quelquefois les ruptures qui

pourraient en être la conséquence. Divers systèmes, clavettes ou bagues, ont été imaginés pour permettre ce réglage.

Tiroirs. — Le bronze est assez généralement employé aujourd'hui pour la confection des tiroirs de locomotives. En raison de la pression considérable qui applique cet organe de la distribution sur la table des lumières, le mouvement du tiroir absorbe une partie notable du travail de la machine, partie qu'il y a intérêt à réduire autant que possible ; on y arrive, d'une part, en diminuant les dimensions et la course maxima du tiroir; d'autre part, en employant pour sa confection un métal dont le frottement sur la table des lumières ne soit pas trop dur.

La composition du bronze des tiroirs ne s'éloigne pas beaucoup des proportions suivantes :

Cuivre rouge	86 parties.
Etain	11 —
Zinc	3 —

L'usure résultant du frottement doit être autant que possible reportée sur le tiroir plutôt que sur la table ; il suffit pour cela que celle-ci soit d'un métal plus dur que le tiroir, et cette condition est remplie lorsque la table est en fonte et le tiroir en bronze.

Le tiroir de beaucoup le plus employé sur les locomotives est le *tiroir en coquille*, que nous avons représenté sur la figure 575.

On a essayé de diverses manières de diminuer la pression que les tiroirs exercent sur leur table ; les tiroirs *équilibrés*, imaginés dans ce but, ne se sont pas généralisés, à cause de leur complication et des difficultés de leur entretien. Le moyen le plus simple d'équilibrer le tiroir, au moins en partie, paraît consister à creuser dans la surface inférieure de ses barrettes, des trous de 10 à 12 millimètres de diamètre et d'une profondeur à peu près égale. La vapeur se loge dans ces cavités et sa pression équilibre partiellement celle qui s'exerce sur le dos du tiroir, en même temps qu'elle sert à lubrifier les surfaces frottantes. Cette disposition, usitée depuis longtemps en Angleterre, se retrouve en France dans un certain nombre de machines, notamment dans les locomotives express de la compagnie d'Orléans.

Le graissage des trains et des pistons doit être assuré dans de bonnes conditions sur les locomotives, pour réduire le plus possible le frottement et la consommation de travail qui en résulte ; un grand nombre d'appareils graisseurs ont été imaginés dans ce but ; les graisseurs automatiques sont d'un usage commode et fréquemment employés.

§ 3. — MODIFICATIONS APPORTÉES PAR M. RICOUR AUX LOCOMOTIVES DU RÉSEAU DE L'ÉTAT

Nous avons réservé, pour en faire l'objet d'un paragraphe spécial, l'examen d'un certain nombre de modifications apportées aux locomotives du réseau de l'État français par M. *Ricour*, alors qu'il était ingénieur en chef du matériel et de la traction de ce réseau. Elles ont donné des résultats fort remarquables au point de vue de l'utilisation des locomotives et réduit, dans une proportion importante, le prix de revient de la traction; un certain nombre d'entre elles sont, d'ailleurs, devenues d'un usage général sur les autres réseaux; il nous a donc paru intéressant de les signaler ici[1].

Soupape de rentrée d'air. — Le principal organe des machines modifiées est une *soupape de rentrée d'air*. Cette soupape, placée soit sur le conduit

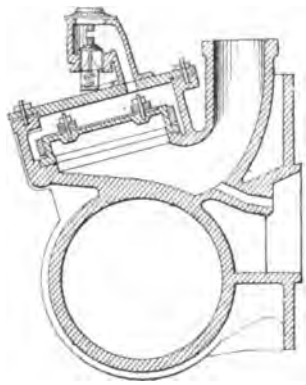


Fig. 585. — Soupape de rentrée d'air. — Coupe transversale.

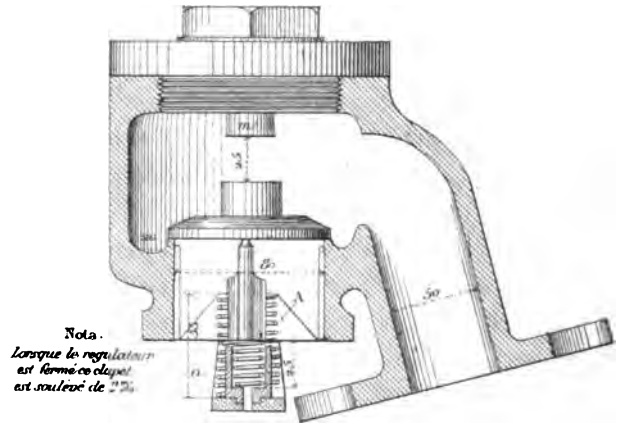


Fig. 586. — Soupape de rentrée d'air sur la boîte à vapeur.

d'admission, soit sur la boîte de distribution de vapeur (fig. 585) a pour effet de transformer en *machine soufflante* la locomotive marchant avec le régulateur fermé : elle empêche l'introduction dans les cylindres des gaz chauds de la boîte à fumée, et supprime ainsi la cause principale de l'usure des tiroirs. Elle rend facile l'emploi exclusif des huiles minérales pures au lieu des huiles végétales, par suite de l'abaissement de température qu'elle produit dans les cylindres, les tiroirs et la boîte à vapeur.

L'expérience a démontré que le diamètre le plus convenable pour les clapets des soupapes est de 8 centimètres pour les cylindres de 100 litres; il y a un léger avantage à porter ce diamètre à 9 centimètres pour des cylindres de 150 litres.

[1] *Annales des Ponts et Chaussées* (avril 1884 et septembre 1885).

La seule précaution à prendre pour la conservation des clapets et des sièges des soupapes consiste à maintenir le clapet à 2 millimètres environ de son siège, lorsque la machine est au repos avec régulateur fermé.

Pour réaliser cette condition, le clapet est supendu à l'aide de deux ressorts *a* et A (fig. 586). Le ressort *a* forme une sorte de tampon, qui maintient le clapet à la distance voulue ; lorsque le régulateur s'ouvre, le tampon est comprimé énergiquement et le clapet s'applique sur son siège.

Le deuxième ressort A fait à peu près exactement équilibre au poids de la soupape et, dès qu'une aspiration se produit, le clapet vient s'appliquer

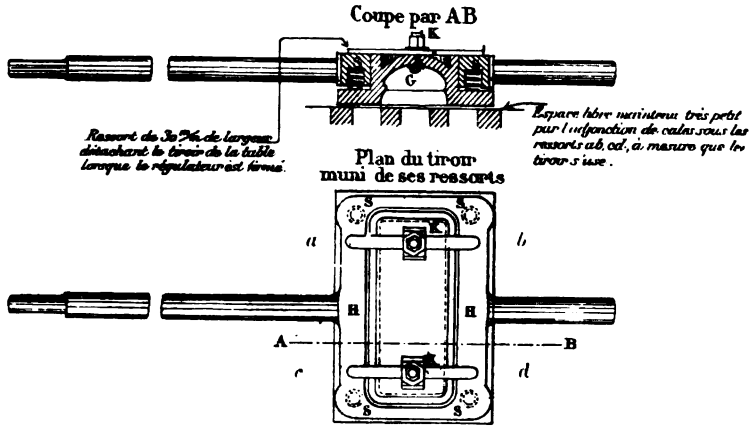


Fig. 587. — Disposition du tiroir plan.

contre le mamelon d'arrêt *m*, sans présenter de résistance appréciable à l'appel d'air. Dans ces conditions, il n'y a pas de matage nuisible : l'expérience prouve qu'il n'y a pas de fuites à ces soupapes, et qu'après 100 000 kilomètres de parcours, il n'y a pas encore utilité de dresser les surfaces en contact.

La dépense d'entretien est absolument négligeable.

Les avantages de la soupape de rentrée d'air sont considérables ; l'un des principaux consiste dans la suppression radicale du frottement et de l'usure des tiroirs plans. Les ingénieurs de traction sont unanimes pour reconnaître que les tiroirs s'usent principalement pendant la marche avec régulateur fermé ; dans ce cas, en effet, les gaz chauds de la boîte à fumée sont aspirés derrière le piston et des cendres et autres poussières dures s'introduisent dans les boîtes à vapeur. Si ces matières pouvaient pénétrer entre le tiroir et sa table, l'usure deviendrait énorme.

Pour empêcher, autant que possible, cet effet de se produire, chaque tiroir (fig. 587) est généralement muni de ressorts à boudins, qui prennent leurs points d'appui aux quatre angles du cadre S S S S, appliquent le tiroir sur la table et l'empêchent de sautiller ; de cette manière, la table est cons-

tamment balayée par le tiroir et les poussières sont chassées en avant et en arrière.

Avec la soupape de rentrée d'air, la table n'est plus souillée de cendres; on peut, dès lors, en détacher le tiroir et supprimer d'une manière absolue tout frottement et toute usure. Le tiroir est maintenu en équilibre à une distance très faible de la table (un demi-millimètre environ) à l'aide de deux ressorts parallèles *ab*, *cd*, fixés par leur milieu en K sur le dos du tiroir G.

Il est d'ailleurs facile de maintenir très faible l'écartement entre le tiroir et sa table ; il suffit pour cela, lorsque le tiroir est usé, de rapporter sous la lame de ressort une cale d'une épaisseur convenable pour rattraper cette usure.

Tiroirs cylindriques. — Les avantages de la soupape de rentrée d'air sont encore plus caractéristiques pour les machines à *tiroirs cylindriques*, et c'est grâce à l'emploi de ces soupapes que le problème des tiroirs cylindriques peut être considéré comme pratiquement résolu. Quelques développements sont nécessaires à cet égard.

Les inconvénients de la marche à régulateur fermé (aspiration de gaz chauds, usure des tiroirs, perte de travail) sont connus depuis fort longtemps, et, parmi les tentatives faites pour y remédier, on doit placer en première ligne le remplacement des tiroirs plans ordinaires par des tiroirs cylindriques équilibrés. Des essais dans ce but ont été faits presque en même temps en Angleterre, en Allemagne, en Autriche et en Suisse.

La figure 588 représente la coupe longitudinale d'un cylindre de locomotive à tiroirs cylindriques, construite aux ateliers de Buda-Pesth par M. Zimmermann. Cette locomotive figurait à l'Exposition universelle de 1878.

Chaque tiroir se compose de deux pistons P, P′, montés sur une même tige AB. Ces pistons se meuvent en face des lumières *a*, *a′*, découpées dans le cylindre distributeur DD, D′D′ ; c'est en passant par ces lumières et par les canaux *ac*, *a′c′* que la vapeur arrive au cylindre moteur MM′ ; l'échappement a lieu par les ouvertures EE, E′E′ du cylindre distributeur, qui communiquent avec la cheminée.

En somme, dans cette machine, les barrettes du tiroir plan sont remplacées par des pistons : l'admission se fait du côté intérieur de ces pistons, l'échappement du côté extérieur.

Cette disposition fait disparaître la cause principale de résistance et d'usure des tiroirs, puisque ceux-ci sont en quelque sorte équilibrés ; mais voici les inconvénients graves que la pratique a fait reconnaître.

En premier lieu, pendant la marche avec le régulateur fermé, le vide tend à se faire en M derrière le piston moteur et, de là, dans la boîte à vapeur entre les deux pistons P et P′ ; à l'inverse de ce qui se produit dans les

machines à tiroirs plans, ce vide se maintient, parce qu'il n'y a pas communication de cette partie de la boîte à vapeur avec la cheminée. Dès lors, la locomotive fonctionne comme une machine pneumatique ; elle fait frein et s'arrête sur un palier ou sur une faible pente, quand le régulateur est fermé.

En outre, par suite du vide produit dans la boîte à vapeur, les gaz chauds de la boîte à fumée tendent à s'y introduire en passant par les joints des cylindres distributeurs DD, DD′ et des pistons P, P′ ; dès que la moindre

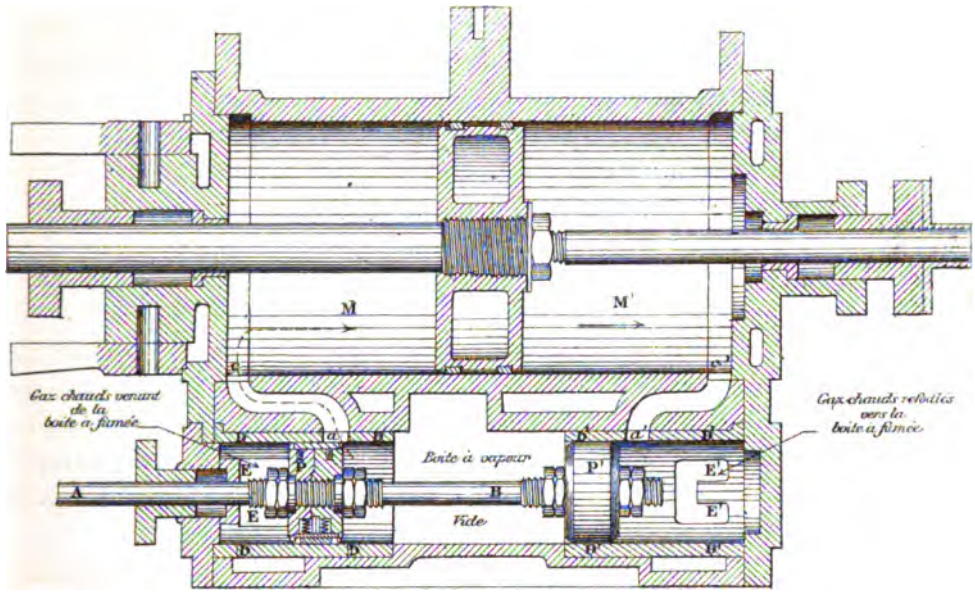


Fig. 583. — Machine Zimmermann. — Marche avec régulateur fermé.

fuite se produit dans ces joints, les cendres entraînées par les gaz s'y introduisent et produisent, au bout de peu de temps, une usure considérable des pistons et des cylindres distributeurs.

En somme, dans les essais qui ont été faits, il a été impossible de maintenir l'étanchéité des tiroirs cylindriques, et cet inconvénient s'est fait sentir avec une telle intensité, les fuites de vapeur ont été si grandes, qu'on a dû revenir aux tiroirs plans.

Avec la soupape de rentrée d'air installée sur la conduite d'arrivée de vapeur, aucun des effets signalés n'est plus à craindre. Pendant la marche avec régulateur fermé, l'air extérieur, aspiré par la soupape, afflue entre les pistons P et P′ et, de là, dans le cylindre moteur en M, où la pression atmosphérique se trouve à chaque instant rétablie ; la machine cesse de faire frein et devient, au contraire, extraordinairement libre. Les pistons se meuvent constamment, soit dans un air frais et pur (régulateur fermé), soit dans la vapeur humide (régulateur ouvert) ; le graissage peut, dès lors, se

faire avec de l'huile minérale et, quand il est convenablement réglé, l'usure disparaît presque complètement et les pistons se conservent indéfiniment étanches.

Le tiroir cylindrique de M. Ricour est formé par un segment élastique de 6 millimètres d'épaisseur, qui ne frotte contre les parois du cylindre distributeur que pendant la marche avec régulateur ouvert. Il ne perd, en moyenne, qu'un demi-millimètre de son épaisseur pendant un premier parcours de 100 000 kilomètres, et l'usure croît moins vite que le parcours.

Pour les tiroirs plans ordinaires, le parcours correspondant à 1 millimètre d'usure est, en moyenne, sur le réseau de l'État, de 3 300 kilomètres, tandis qu'il est de plus de 200 000 kilomètres pour les tiroirs cylindriques.

Le rapport de ces deux nombres est :

$$\frac{3\,300}{200\,000} = \frac{1}{60};$$

il montre l'énorme réduction de frottement réalisée par l'emploi des tiroirs cylindriques avec soupape de rentrée d'air.

L'usure des tiroirs étant soixante fois moindre, les frais d'entretien, qui lui sont proportionnels, deviennent pour ainsi dire nuls : la preuve en est fournie par la machine à tiroirs cylindriques du réseau de l'État, dont toutes les pièces du mouvement présentent, après un parcours de 100 000 kilomètres sans interruption, un poli plus beau qu'au sortir de l'usine, sans usure appréciable.

L'emploi des huiles minérales, qui est rendu possible par l'application des soupapes, correspond à une économie fort importante dans le graissage des machines. Voici les faits constatés pour l'ensemble de l'exercice 1884.

La consommation des machines à voyageurs, avec tiroirs ordinaires, a été de 19 kilogrammes d'huile de colza pour 1 000 kilomètres de trains.

Pour les machines munies de soupapes de rentrée d'air, cette consommation a été de 25 kilogrammes d'huile minérale. Le prix de l'huile de colza étant de 69 francs les 100 kilogrammes et celui de l'huile minérale de 30 francs seulement, le graissage à l'huile de colza revient ainsi à

$$19 \times 0{,}69 = 13{,}11 \text{ fr. pour 1 000 kilomètres de trains};$$

tandis que le graissage à l'huile minérale est seulement de

$$25 \times 0{,}30 = 7{,}50 \text{ fr. pour 1 000 kilomètres de trains.}$$

Le parcours annuel d'une machine à voyageurs étant de 50 000 kilomètres, l'économie annuelle sur le graissage s'élève à :

$$50 \times (13{,}11 - 7{,}50) = 280 \text{ francs.}$$

L'application des soupapes de rentrée d'air correspond à une dépense de 70 francs par machine ; cette dépense est donc quatre fois couverte par l'économie qu'elle permet de faire en une seule année sur le graissage.

En outre, l'emploi des huiles minérales pures pour le graissage supprime complètement les dépôts charbonneux adhérents sur les fonds des cylindres, les faces des pistons, les lumières, les conduits de vapeur et les valves de l'échappement.

Augmentation du rendement des machines en travail utile. — M. Ricour a montré, par des résultats d'expériences indiscutables, que, grâce à la réduction des espaces nuisibles et des condensations intérieures, ainsi que des frottements du mécanisme de distribution, le rendement en travail utile des machines à tiroirs cylindriques s'est trouvé notablement augmenté.

Ce fait est mis en évidence par les résultats suivants, constatés au dépôt de Saintes.

En 1882, toutes les machines de ce dépôt étaient à tiroirs plans ; en 1884, 30 machines sur 40 étaient munies de tiroirs cylindriques ; en 1885, la transformation était complète. Or, voici les faits contatés :

	En 1882.	En 1884.	En 1885.
Parcours des trains de voyageurs .	1 906 793 km.	1 843 428 km.	2 015 633 km.
Tonnes kilométriques brutes (G. V.)	169 078 819 t.	209 948 643 t.	252 912 755 t.
Combustible consommé	12 688 560 kg.	13 898 019 kg.	15 926 528 kg.
Combustible pour 1 000 tonnes kilométriques (G. V.)	75,033 kg.	66,181 kg.	62,950 kg.

Ainsi pour une consommation de 75,033 kg. on n'obtenait, en 1882, que

1000 tonnes kilométriques brutes,

tandis que l'on a obtenu, en 1884,

1 134 tonnes kilométriques brutes,

et, en 1885,

1 191 tonnes kilométriques brutes.

On doit donc en conclure que l'augmentation de travail utile a été :

En 1884 . . . . . de 13,4 p. 100 ;
En 1885. . . . . de 19,11 p. 100.

Amélioration de l'adhérence. — L'expérience a fait découvrir un avantage assez inattendu qui est particulier aux tiroirs cylindriques, c'est l'amélioration du coefficient d'adhérence : les machines à tiroirs cylindriques du réseau de l'État ne patinent jamais au démarrage, tandis que les machines du même type, mais à tiroirs plans, patinent fréquemment. C'est surtout

lorsque le rail est gras dans les gares, ou lorsque le train est lourd, qu'on voit les roues motrices de ces dernières machines tourner sur place et le train se mettre difficilement en marche et d'une manière saccadée. Avec les machines à tiroirs cylindriques, le démarrage se fait franchement, et le train parcourt un espace égal au développement des roues motrices.

Voici, d'après M. Ricour, l'explication de cette amélioration :

On évalue d'ordinaire à $\frac{1}{7}$ du poids adhérent la limite de l'effort de traction des machines locomotives. Si F est l'effort de traction à la jante et P le poids adhérent, on donne comme résultat d'expérience pour la limite de F à partir de laquelle le patinage est à craindre,

$$F = \frac{P}{7}.$$

F est la valeur moyenne de l'effort à la jante, pour un tour de roue.

Si l'on représente graphiquement les valeurs variables de F, en prenant pour abscisses les espaces parcourus, on obtient une courbe de forme sinusoïdale, où les points minima se trouvent vers le passage au point mort des pistons (fig. 589).

Soient, pour une admission donnée, F′ l'effort minimum et F″ l'effort maximum. On a, très approximativement :

$$F = \frac{F' + F''}{2}.$$

La valeur $F = \frac{P}{7}$ a été considérée, par erreur, comme étant indépendante de la distribution de la machine. La véritable valeur de la limite de l'adhérence est

$$F'' = \frac{P}{4}.$$

Les expériences faites sur les freins ont, en effet, démontré que le frottement aux faibles vitesses a pour limite le quart environ de la pression[1].

Dès que l'on a $F'' > \frac{P}{4}$, le patinage se produit, dans les conditions ordinaires de l'état des rails.

On comprend, dès lors, que si l'on parvenait à diminuer l'écart entre les valeurs F′ et F″, pour une même valeur moyenne de F, le patinage ne se produirait que pour des valeurs de F se rapprochant de plus en plus de $\frac{P}{4}$. Or, c'est précisément ce qui a lieu avec les machines à tiroirs cylindriques : si l'on se reporte, en effet, au diagramme des valeurs de F (fig. 589), on voit que les dépressions *d*, *d*, *d* correspondent au moment où le travail résistant des tiroirs est maximum.

[1] Voir plus loin, livre IV, les expériences du capitaine Douglas-Galton, en Angleterre, sur les freins continus.

Ce travail résistant, très considérable avec les tiroirs plans, est très faible avec les tiroirs cylindriques. Il résulte de là que, dans ce dernier cas, l'écart entre F′ et F″ diminue et que, par suite, la valeur moyenne de l'effort à la jante, correspondant à la limite du patinage, se rapproche de $\frac{P}{4}$.

L'expérience a montré qu'avec un poids adhérent de 24 tonnes, les machines à tiroir cylindriques remorquent normalement des charges de 180 tonnes sur les longues rampes de 15 millimètres. Le poids de la machine et du tender étant de 50 tonnes, le poids total du train est de 230 tonnes. En

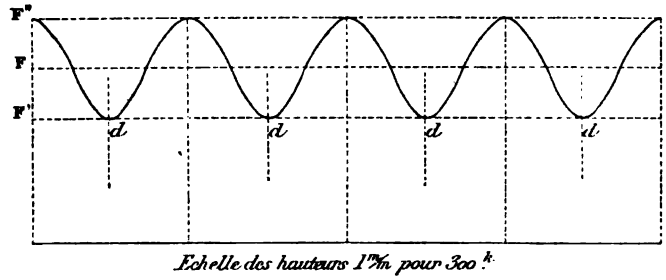


Fig. 589.

comptant sur une résistance moyenne de 5 kilogrammes par tonne de train, indépendamment de la composante de la gravité, l'effort F à la jante a pour valeur noyenne

$$20 \times 230 = 4\,600 \text{ kg.}$$

pour un poids adhérent de 24 tonnes.

On en déduit

$$\frac{F}{P} = \frac{4\,600}{24\,000} = \frac{1}{5,2}.$$

Or, avec les machines à tiroirs plans ordinaires, ce rapport ne dépasse pas en moyenne $\frac{1}{7}$.

Ce calcul des limites de l'adhérence a puissamment concouru à faciliter l'augmentation des charges remorquées sur les lignes à fortes rampes du réseau de l'État.

Indépendamment des améliorations ci-dessus, nous signalerons encore deux modifications intéressantes au point de vue de l'abaissement du prix de revient de la traction.

L'une est l'application d'écrans réfractaires dans les foyers des machines, à l'imitation de ce qui se fait couramment en Angleterre et aux États-Unis.

L'autre est la substitution de surfaces de moindre résistance aux faces normales au vent, qui présentent les locomotives. C'est sur le réseau de l'État que cette dernière disposition a été appliquée pour la première fois.

Écrans réfractaires. — Les écrans, installés par M. Ricour dans les foyers des machines du réseau de l'État, forment une sorte de V qui partage le foyer en deux compartiments ; ils sont constitués au moyen de briques réfractaires et reposent sur six tubes à eau en acier, directement exposés à l'action du feu. Il résulte de là une meilleure utilisation du combustible et par suite, une économie dans la dépense correspondante, en même temps qu'une augmentation notable de la surface de chauffe directe et de la puissance de vaporisation. De plus, grâce à la température très élevée maintenue dans le foyer par les briques réfractaires chauffées au rouge, la combustion est complète ; il ne reste plus de noir de fumée et l'écran constitue ainsi un appareil fumivore très économique.

Surfaces de moindre résistance. — La substitution de surfaces de moindre résistance aux faces normales au vent dans les locomotives a pour but de diminuer, dans une proportion importante, l'influence de la résistance du vent, qui est considérable aux grandes vitesses, puisqu'elle croît proportionnellement au carré de cet élément. A la suite d'expériences précises faites en vue de déterminer l'inclinaison qu'il convenait d'adopter pour diminuer la résistance, M. Ricour a substitué dans les locomotives à toutes les surfaces normales à la marche, des plans inclinés à raison de trois de base pour quatre de hauteur ; il a, en outre, rempli par des plateaux en bois les intervalles compris entre les rayons des roues et relié par des surfaces continues la cheminée et le grand dôme de vapeur. Dans ces conditions, la résistance de l'air a diminué de moitié ; il en est résulté immédiatement une augmentation très notable du travail utile et une économie de plus de 10 p. 100 sur la consommation de combustible.

Le progrès réalisé dans l'industrie des chemins de fer par la modification des formes extérieures des machines est, d'après M. Ricour, comparable à celui qui a été obtenu dans la marine, quand on a substitué les formes fines des bateaux à vapeur aux formes lourdes des anciens bateaux à voiles.

On a critiqué, à divers points de vue, l'application des surfaces de moindre résistance aux locomotives et prétendu que le résultat obtenu par leur emploi n'était pas en rapport avec l'accroissement de poids et de dépense correspondant [1]. C'est là une erreur de fait qu'il nous paraît nécessaire de rectifier.

Voici, en effet, les renseignements que nous avons recueillis à cet égard auprès de M. Desdouits, alors ingénieur en chef adjoint du matériel et de la traction aux chemins de fer de l'État (1890).

[1] Lefèvre et Cerbelaud. *Les Chemins de fer*. Paris, 1889.

L'essai des surfaces de moindre résistance a été fait aux chemins de fer de l'État sur une seule machine, pendant une période prolongée (près de 300 000 kilomètres). Cette machine a toujours réalisé, par rapport aux machines de même type, dans le même service, une économie de 10 à 12 p. 100 (chiffres de comptabilité). Cette économie ne doit pas, d'ailleurs, être imputée en totalité à l'influence des formes; cette influence peut être évaluée à 6 ou 8 p. 100, le reste doit être un coefficient de machine et de mécanicien. La mesure directe des résistances, en marche à la vitesse de 72 kilomètres à l'heure, avec un train de 120 tonnes remorquées, a donné un bénéfice de 9 à 10 p. 100; d'où l'on conclut, pour l'ensemble du service, au chiffre ci-dessus de 6 à 8 p. 100.

Il y a lieu de remarquer, d'ailleurs, qu'après avoir été critiquées lors de leur adoption au réseau de l'État, les modifications de forme des locomotives réalisées par M. Ricour ont été imitées sur le réseau P.-L.-M. où un certain nombre de machines les conservent encore.

Influence des modifications des machines sur les dépenses de traction. — En comparant le prix de revient de la traction sur le réseau de l'Etat pendant l'exercice 1884 (après la transformation des machines), soit avec les prix de revient des grandes compagnies, soit avec les prix du même réseau en 1882 (avant la transformation), on constate une économie considérable en faveur de l'exercice 1884.

Ce résultat est mis en évidence par le tableau ci-dessous, qui donne le prix de revient du transport de 1 000 tonnes brutes à un kilomètre en 1882 sur le réseau de l'État, en 1883 sur les grandes compagnies, en 1884 sur le réseau de l'État. Les chiffres indiqués ont d'ailleurs été rendus comparables, en tenant compte de la différence de valeur des combustibles employés sur les différents réseaux.

	PRIX DE REVIENT DE 1 000 TONNES A 1 KILOMÈTRE			
	État 1882.	GRANDES COMPAGNIES 1883		État 1884.
		Prix moyen.	Prix minimum.	
	fr.	fr.	fr.	fr.
Trains de marchandises	4,86	4,00	3,80	3,79
Trains de voyageurs	6,71	6,55	6,30	5,44
Ensemble des trains	5,86	5,37	5,17	4,69

L'économie réalisée en 1884 sur le réseau de l'État est donc la suivante :

	PAR RAPPORT aux grandes compagnies.		PAR RAPPORT au réseau de l'État exercice 1882.
	Prix moyen.	Prix minimum.	
	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Trains de marchandises	5	0,09	21.9
Trains de voyageurs	16,9	13,9	18,9
Ensemble des trains	12,9	9.3	19,9

M. Ricour a, en outre, établi que, pour les lignes du réseau de l'État, le prix de revient de la traction, qui était très élevé avant le rachat, a brusquement baissé en 1879, au moment où l'État a commencé à les exploiter, et que, depuis cette époque, il a été constamment en diminuant, jusqu'à devenir notablement plus bas que sur les réseaux des grandes compagnies.

C'est ce que montre le tableau suivant, qui donne le prix du transport de 1 000 tonnes brutes kilométriques, d'abord pour les lignes du réseau avant le rachat, et ensuite pour les divers exercices de 1879 à 1884.

		PRIX de revient de 1 000 tonnes kilométriques brutes.	DÉPENSES totales.	TONNAGE remorqué par les trains.
		fr.	fr.	tonnes.
Avant le rachat		7,45	»	»
Réseau de l'État	Exercice 1879.	6,34	3 663 219,27	577 794 837
	— 1880.	6,10	4 144 099,23	679 360 529
	— 1881.	5,96	5 306 309,92	890 320 457
	— 1882.	5,86	6 710 140,82	1 145 612 795
	— 1883.	5,69	7 575 173,49	1 328 898 051
	— 1884.	4,69	5 635 174,30	1 198 999 826
Grandes compagnies (1888)	Prix moyen	5,37	»	»
	Prix minimum	5,17	»	»

Ainsi, antérieurement à 1884, les prix de revient de l'État étaient plus élevés que ceux des autres réseaux; à partir de 1884, c'est l'État qui réalise les prix les plus bas. Ce résultat est dû principalement à deux causes : d'une part, la diminution des rampes du réseau de l'État, qui s'est produite en 1884 à la suite des remaniements résultant des conventions, diminution qui conduit nécessairement à une exploitation moins onéreuse ; d'autre part, la transformation des machines accomplie en 1883 d'après le programme que nous avons indiqué plus haut[1].

[1] Voir, comme suite à cette étude, la note sur les nouvelles machines d'express à simple expansion et à tiroirs cylindriques des chemins de fer de l'Etat par M. Desdouits. *Revue générale des Chemins de fer*, mars et avril 1900.

§ 4. — LOCOMOTIVES COMPOUND

Nous n'avons envisagé jusqu'à présent, dans notre examen sommaire du mécanisme des locomotives, que des machines à simple expansion. Il nous reste à parler des machines *compound*, dont l'emploi se généralise de plus en plus.

On sait que le système compound est caractérisé par l'action successive de la vapeur dans deux ou plusieurs cylindres de diamètres différents; la vapeur agit à pleine pression ou avec une détente modérée dans un premier cylindre, puis, au lieu de s'échapper dans l'atmosphère, elle agit dans un deuxième cylindre, généralement plus grand que le premier, où elle achève de se détendre avant l'échappement définitif. Tel est le principe qui a été imaginé d'abord par Hornblower, puis appliqué par Woolf à des machines qui ont porté son nom.

Ce système présente deux avantages essentiels, savoir : économie dans la consommation de la vapeur, par suite d'une utilisation plus complète de sa tension; régularité dans les efforts produits sur le mécanisme, par suite de la moindre différence de pression qui s'exerce sur les pistons et les tiroirs. Il possède en outre certains avantages pratiques : les fuites y sont moindres que dans le système ordinaire, parce que la chute de pression entre le générateur et l'atmosphère se trouve partagée en deux étages ; on peut, d'ailleurs, lorsque cela est nécessaire, décombiner les deux cylindres et les faire agir séparément, ce qui permet d'accroître beaucoup la puissance de la machine.

Le fonctionnement compound, appliqué depuis longtemps aux machines fixes et aux machines marines, a été introduit pour la première fois dans les locomotives en 1877 par M. Mallet sur la ligne de Bayonne à Biarritz. Accueilli au début avec une certaine réserve, il s'est peu à peu répandu; employé d'abord sur un certain nombre de machines du Nord et du P.-L.-M., où il a donné de fort bons résultats, il est maintenant adopté d'une manière à peu près générale sur tous les réseaux pour les machines de grande puissance[1].

L'adoption du fonctionnement compound sur les locomotives a été la conséquence de l'emploi des fortes pressions de vapeur et des grandes détentes que cet emploi exige. On conçoit, en effet que, pour réaliser les grandes puissances motrices actuellement nécessaires pour la traction

[1] D'après des renseignements publiés en 1902 par M. Mallet, le nombre total des locomotives compound, qui atteignait déjà un millier en 1889, était, à ce moment, de près de 15 000, dont les deux tiers du type imaginé par lui en 1876. Sur ce nombre, plus de 500 locomotives appartenaient au type articulé à 4 cylindres dont nous parlons plus loin.

des trains, il faut que la locomotive soit disposée de manière à obtenir la meilleure utilisation possible de la vapeur.

On admet généralement que l'adoption du système compound permet d'obtenir une économie de combustible variant de 10 à 15 p. 100, par rapport aux locomotives équivalentes à simple expansion. L'entretien et les réparations coûtent un peu plus cher que pour ces dernières machines; mais l'emploi de quatre cylindres réduit beaucoup l'usure du mécanisme, de sorte que les frais d'entretien ne croissent pas comme on pourrait le supposer à première vue[1].

On a d'ailleurs réalisé le fonctionnement compound de différentes manières que nous allons passer rapidement en revue.

Locomotives compound a deux cylindres. — Dans les machines de ce type la vapeur de la chaudière est introduite directement dans le petit cylindre (cylindre admetteur ou cylindre de haute pression, HP), où elle agit d'abord à pleine pression, puis par détente; elle passe ensuite dans le réservoir intermédiaire et de là dans le grand cylindre (cylindre détendeur ou cylindre de basse pression, BP) où elle agit également à pleine pression, puis par détente. Un dispositif spécial, automatique ou non, permet l'admission directe de la vapeur au cylindre BP, de manière à assurer le démarrage dans toutes les positions du piston HP.

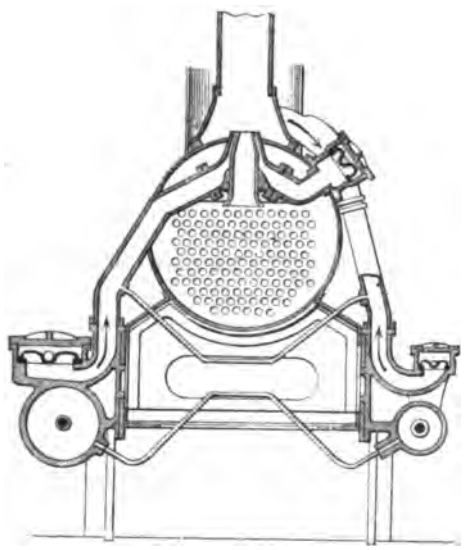


Fig. 590. — Locomotive compound à deux cylindres des chemins de fer de Bayonne à Biarritz, système Mallet, avec tiroir de démarrage. Coupe transversale. (D'après M. Sauvage.)

La figure 590 représente la disposition adoptée à l'origine par M. Mallet sur la ligne de Bayonne à Biarritz, et encore fréquemment employée. Les deux cylindres sont complètement séparés; un tiroir spécial de démarrage permet d'ouvrir un échappement auxiliaire au cylindre HP; le cylindre BP reçoit alors directement la vapeur de la chaudière.

D'autres dispositions ont été également imaginées dans le même but (système von Borries et Wordsell très employé en Allemagne, système Lindner, adopté sur les locomotives de l'État saxon, etc.)

[1] E. Sauvage. *La machine locomotive.*

Les machines compound à deux cylindres sont très répandues en France, où l'on a transformé suivant cette disposition un certain nombre de machines à simple expansion (réseaux d'Orléans, du Midi, de l'État). Aux chemins de fer du Midi, où l'on a ainsi transformé d'anciennes locomotives à trois essieux couplés, une soupape spéciale placée sur le conduit d'admission du cylindre HP laisse écouler dans le réservoir intermédiaire la vapeur de ce cylindre, dès que la différence de pression dépasse 12 kilogrammes; on limite ainsi les efforts que supporte le mécanisme de ce cylindre et on assure en même temps les démarrages. Les locomotives de ce type, dont les chaudières sont timbrées 15 kilogrammes, ont réalisé, par rapport aux machines semblables à simple expansion, avec chaudières timbrées à 10 kilogrammes, une augmentation de puissance de 25 p. 100 pour une consommation égale de combustible. Ces machines, dont la surface de grille est de 2,15 m², ont pu développer une puissance de 728 chevaux[1].

En somme, le système à deux cylindres paraît convenir fort bien pour la transformation des anciennes machines à simple expansion en locomotives compound de moyenne puissance.

Locomotives compound a trois cylindres. — Les machines de ce type peuvent comporter, soit un seul cylindre admetteur et deux cylindres de détente, soit, au contraire, deux cylindres admetteurs et un cylindre de détente; dans les deux cas, le cylindre unique se place dans l'axe longitudinal de la machine et les deux autres à l'extérieur. La première solution a été adoptée pour des machines mixtes du Jura-Simplon, et pour des machines express du North Eastern Ry et du Midland Ry. Dans ce cas, la présence d'un dispositif spécial de démarrage est indispensable.

Le second système a été réalisé par Webb en Angleterre, dès 1882; les deux cylindres extérieurs HP commandaient l'essieu d'arrière, le cylindre intérieur BP l'essieu du milieu, les deux essieux moteurs n'étant pas accouplés. Cette disposition a été rapidement abandonnée; elle donnait de grandes inégalités de l'effort moteur et rendait les démarrages pénibles[2].

En somme, les machines compound à trois cylindres sont assez peu répandues.

Locomotives compound a quatre cylindres. — Les types de machines à quatre cylindres sont au contraire nombreux et très employés.

« Cette disposition, dit M. Sauvage[3], se prête à un groupement très heureux des organes de la machine, qui compense largement l'inconvénient

[1] L.-P. Guédon. *Le mécanicien de chemin de fer.*
[2] E. Sauvage. *La machine locomotive.*
[3] *La machine locomotive.*

de la multiplicité des pièces. Grâce à cette disposition, on évite les dimensions gênantes d'un cylindre à basse pression unique. Les efforts que transmet chacun des quatre mécanismes sont réduits à des valeurs telles qu'il est facile de proportionner les dimensions des pièces et les surfaces de frottement de manière à beaucoup réduire l'usure, malgré l'élévation de la pression dans la chaudière; cela est au contraire très difficile à réaliser dans la locomotive très puissante à deux cylindres. En outre, par un calage convenable des manivelles, on peut donner aux deux pistons placés du même côté de la locomotive des mouvements directement opposés, de sorte qu'on équilibre en grande partie les pièces à mouvement rectiligne alternatif. »

Les machines compound à quatre cylindres comportent plusieurs variétés : ou bien les cylindres HP et BP sont disposés deux à deux en tandem (système Woolf) et commandent deux manivelles calées à 90°; ou bien ces cylindres sont superposés deux à deux dans un même plan vertical et commandent une crosse de piston unique qui conduit la bielle motrice (système Vauclain) ; ou bien, les quatre cylindres, actionnant quatre manivelles calées à 90°, commandent un même essieu (système Webb, von Borries) ou deux essieux différents accouplés (type français ou type du Bousquet et de Glehn). Ce dernier type est de beaucoup le plus répandu et celui qui paraît le mieux convenir aux machines de grande puissance.

On en trouvera un exemple aujourd'hui classique dans la machine d'express du Nord à deux essieux accouplés. Dans la première machine de ce type employée au chemin de fer du Nord (n° 701) les deux essieux moteurs n'étaient pas accouplés ; mais on s'est vite aperçu que cette disposition rendait les démarrages difficiles, par suite des patinages fréquents qui se produisaient. Aussi, a-t-on rétabli immédiatement l'accouplement des essieux et, aujourd'hui, dans toutes les compound à deux essieux moteurs, ces deux essieux sont accouplés.

En ce qui concerne les machines compound à quatre cylindres, il convient de signaler tout spécialement la disposition adoptée par M. Mallet, pour les locomotives articulées dont il est l'inventeur. La machine est portée par deux groupes d'essieux séparés : les essieux d'arrière sont reliés au châssis à la manière ordinaire, tandis que les essieux d'avant forment un truck pivotant autour d'une cheville placée en arrière vers le milieu de la locomotive; c'est donc en réalité une machine à *avant-train mobile moteur*. Les essieux du groupe d'arrière sont commandés par les cylindres HP et ceux du groupe d'avant par les cylindres BP, ce qui présente l'avantage de n'exiger que l'emploi d'un seul tuyau flexible pour la conduite de la vapeur, celui qui relie entre eux les deux groupes de cylindre. On conçoit que cette disposition, qui permet d'utiliser pour l'effort de traction l'adhérence totale de la machine, lui donne en même temps une grande souplesse pour le passage dans les courbes.

Souvent employée pour des machines tenders, notamment à voie étroite, elle a été réalisée récemment en Amérique sur le *Baltimore and Ohio R. R* et sur l'*Erié R. R* pour des machines à six essieux accouplés par groupes de trois, qui peuvent être considérées comme les plus puissantes actuellement construites.

Les premières ont en effet une surface de chauffe de 525,50 m² (surface de grille, 6,75 m²) et un poids adhérent, égal au poids total de la machine, de 152 tonnes. Les secondes ont 574,15 m² de surface de chauffe (surface de grille, 9,40 m²) et un poids total, entièrement utilisé par l'adhérence, de 186 tonnes [1].

Locomotives a vapeur surchauffée. — L'emploi de la vapeur surchauffée dans les locomotives résulte de considérations analogues à celles qui ont conduit à l'adoption du compoundage; il s'agit toujours de réaliser une disposition qui permette finalement une économie de combustible.

Or c'est ce que peut permettre la surchauffe de la vapeur, déjà employée dans certaines machines fixes, sur lesquelles on réalise ainsi une certaine économie de combustible, parce que le poids de vapeur surchauffée consommée par coup de piston est moindre, alors que la dépense de chaleur, nécessaire pour la surchauffe, est assez minime.

La surchauffe est appliquée depuis longtemps aux locomotives en Amérique; elle a été mise en pratique plus récemment en Allemagne, en Belgique et en France. Elle paraît donner effectivement une économie appréciable de combustible ou une augmentation de puissance, à égalité de consommation. Toutefois, la présence des tubes surchauffeurs, placés dans la chaudière en sus des tubes ordinaires à fumée, peut devenir une cause nouvelle d'avaries et leur emploi est, en somme, encore trop récent pour qu'on puisse se prononcer d'une manière définitive sur les avantages et les inconvénients qu'elle présente [2].

[1] M. Japiot. *Les chemins de fer américains*, Annales des Mines, 2e semestre 1906 et 1er semestre 1907.

Les publications relatives aux machines compound sont fort nombreuses ; nous en citerons seulement quelques-unes :

Étude sur l'utilisation de la vapeur dans les locomotives et l'application à ces machines du fonctionnement compound, par M. Mallet, Paris, 1878.

Note sur les machines compound, par M. J. Richard. *Revue générale des Chemins de fer*, 2e semestre 1886.

Locomotives des trains à très grande vitesse. Rapport de MM. du Bousquet et Herdner. *Bulletin de la Commission internationale du Congrès des Chemins de fer*, août 1900.

Sur les locomotives compound et leur développement en France. Note de M. Herdner. *Ibid.*, mai 1903.

Enfin le *Traité pratique de la machine locomotive* et son complément : *La locomotive actuelle*, de M. Demoulin, que nous avons déjà cités, fournissent les détails les plus complets sur les différents types de machines employés.

[2] Voir en ce qui concerne la surchauffe en Amérique, les *Chemins de fer américains*, par M. Japiot.

Consulter également : *Les progrès de la surchauffe*. Bulletin du Congrès, juin 1907. Il résulte de ce dernier document que près de 1 600 machines en Europe sont actuellement pourvues de surchauffeurs : il y en a environ 260 en Amérique. Presque tous ces surchauffeurs appartiennent aux systèmes dans lesquels les tuyaux de circulation de vapeur sont placés dans de gros tubes à gaz chaud qui occupent l'emplacement des tubes à fumée dans les locomotives ordinaires.

CHAPITRE III

LE VÉHICULE

§ 1er. — Le châssis. — Disposition générale. — Positions diverses du châssis et des cylindres.

§ 2. — Les roues et les essieux.

§ 3. — La suspension. — Répartition de la charge entre les essieux. — Balanciers. — Perturbations. — Contrepoids.

§ 4. — Dispositions destinées à faciliter le passage des locomotives dans les courbes. — Modifications des bandages et du jeu de la voie. — Jeu transversal des essieux, plans inclinés. — Convergence des essieux. — Bogies. — Bissel. — Essieux à boîtes radiales.

Le véhicule des locomotives, destiné à porter la chaudière et le mécanisme, se compose essentiellement des trois parties suivantes :

1° Le *châssis*, qui porte la chaudière, les cylindres et quelques organes du mécanisme ;

2° Les *roues* et les *essieux ;*

3° La *suspension*, intermédiaire élastique entre le châssis et les essieux.

Nous décrirons sommairement ces trois parties du véhicule, nous ferons ensuite connaître les différents systèmes employés pour faciliter le passage des locomotives dans les courbes et nous terminerons par quelques renseignements sur les perturbations.

§ 1er. — LE CHASSIS

Disposition générale. — Le châssis est un cadre rigide formé essentiellement de deux ou plusieurs longerons, entretoisés par des traverses, dont le nombre et la position varient suivant les types de machines.

La figure 591 représente, en plan et en coupe, le châssis d'une machine à trois essieux couplés.

Il comprend les pièces suivantes :

1° Deux longerons, AA, en tôle découpée de 25 à 35 millimètres d'épaisseur ;

2° Une traverse d'avant, B, sur laquelle sont fixés les tampons de choc et le crochet d'attelage ;

3° Un fort coffre en tôle, FG, qui contrevente solidement tout le système et sert de point d'attache aux deux cylindres et à la chaudière ;

4° Trois traverses intermédiaires, D, E, E, destinées à maintenir l'écar-

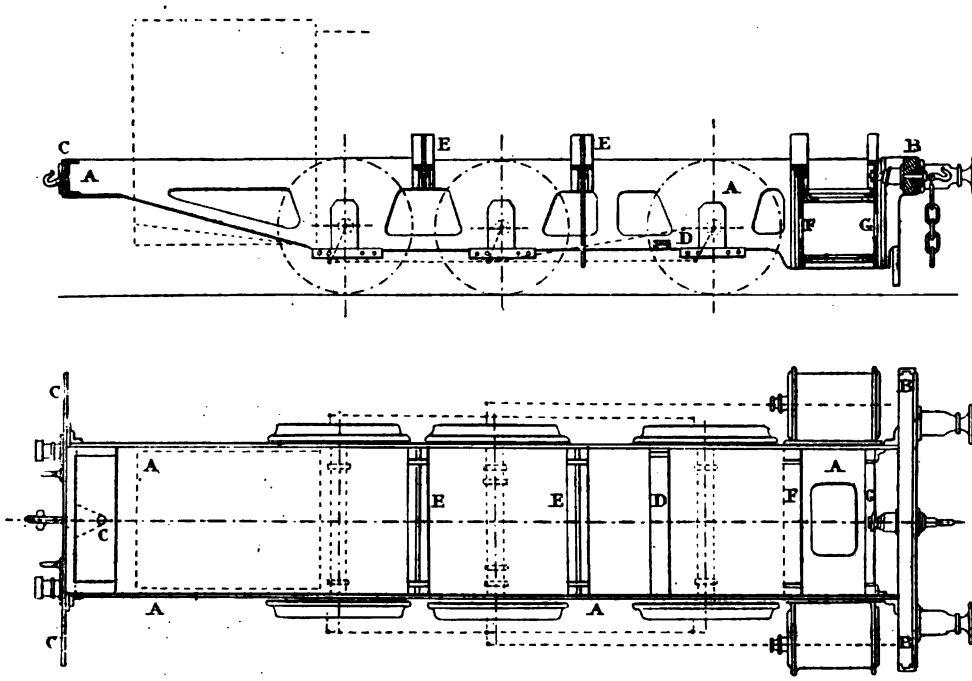


Fig. 591. — Châssis d'une locomotive à 3 essieux couplés.

tement des longerons et à servir de points d'appui aux pièces du mécanisme ;

5° Une traverse d'arrière, C, solidement armée et portant les pièces destinées à l'attelage de la machine avec le tender.

La chaudière repose sur le châssis, fixée à l'avant et se dilatant librement par l'arrière.

Position du chassis. — Dans le type considéré ci-dessus, les longerons du châssis se trouvent placés entre les roues, c'est-à-dire à l'intérieur de la voie. Cette disposition, généralement usitée en France et en Angleterre, offre les avantages suivants : l'entretoisement des longerons se fait commodément et solidement, et fournit à la chaudière des points d'appui faciles à établir ; l'accouplement des essieux s'obtient d'une manière très simple, ce qui est fort important, surtout depuis que les machines à roues libres sont de plus

en plus abandonnées; enfin, l'attache des cylindres est, en général, facilitée et leur écartement diminué.

Pourtant il existe des types de locomotives dont le châssis est extérieur aux roues; ils sont principalement employés en Allemagne et en Autriche et présentent, de leur côté, les avantages suivants : les fusées sont d'un diamètre plus petit, ce qui réduit un peu le travail du frottement; l'appareil de suspension se place plus facilement et, la chaudière ayant une base d'appui plus large, on peut donner à la grille une surface un peu plus grande. Les châssis extérieurs sont employés par la compagnie de l'Ouest pour ses machines d'express à essieu *Martin*.

On peut d'ailleurs combiner les avantages des deux dispositions, c'est-à-dire : appliquer un châssis extérieur aux roues simplement porteuses, ce qui les place dans la même situation que celles des wagons et charger en outre les roues motrices au moyen de longerons placés à l'intérieur de la voie; on a ainsi un *châssis double*.

Cette disposition a été fréquemment employée dans les machines du type Crampton ; on la retrouve dans les locomotives à bogie de la compagnie du Nord.

Le châssis double a l'inconvénient d'être lourd, mais il est très solide et se prête à un entretoisement énergique de toutes les parties du bâti; en outre il est rationnel, puisqu'il charge les essieux simplement porteurs au moyen de fusées extérieures de diamètre réduit ; il offre enfin une base très commode pour l'installation des cylindres, surtout quand ils sont extérieurs.

La position du châssis est, du reste, intimement liée à celle des autres organes de la machine, notamment des cylindres. Les cylindres peuvent, en effet, être placés soit à l'intérieur, soit à l'extérieur des roues et ces deux positions se combinant avec celles que peuvent occuper les longerons, peuvent donner lieu aux quatre dispositions suivantes en ce qui concerne les machines à simple expansion :

Châssis intérieur — cylindres extérieurs;
— — — — intérieurs ;
Châssis extérieur — cylindres extérieurs;
— — — — intérieurs.

Dans la première disposition, la transmission du mouvement est des plus simples ; le moyeu de la roue motrice (fig. 592) porte un renflement, auquel est fixé le bouton de la manivelle, commandée directement par la bielle.

Avec la deuxième disposition, le châssis se trouve interposé entre les cylindres et les roues; la bielle motrice ne peut conduire la manivelle que si elle est disposée en forme de vilebrequin, de sorte que l'essieu moteur doit comporter deux coudes à angle droit A (fig. 593), un pour chaque cylindre.

Quand le châssis et les cylindres sont placés extérieurement aux roues, il

faut que la fusée de l'essieu moteur soit prolongée au delà du coussinet, de manière à recevoir une manivelle calée sur son prolongement; on est ainsi conduit à donner une saillie considérable au bouton de manivelle et, par suite, un grand porte-à-faux aux cylindres et une largeur excessive à la

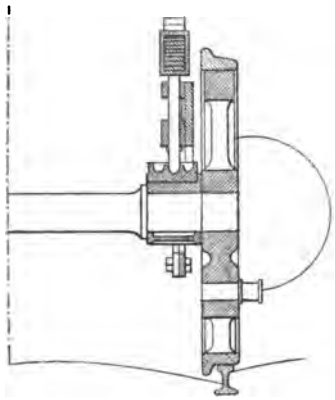


Fig. 592. — Châssis intérieur. Cylindres extérieurs.

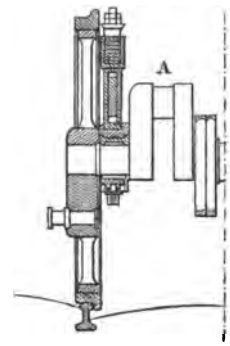


Fig. 593. — Châssis intérieur. Cylindres intérieurs.

machine. On atténue cet inconvénient en se servant de la *manivelle-fusée de Hall*. Elle consiste (fig. 594) à prendre pour fusée la douille M d'emmanchement de la manivelle B sur l'essieu. Le diamètre de la fusée se trouve ainsi plus grand que dans le cas du châssis intérieur, mais on diminue le porte-à-faux des cylindres d'une quantité qui est presque égale à celle de la fusée

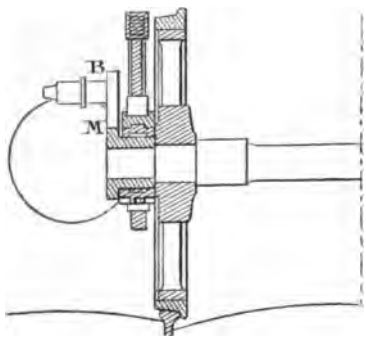


Fig. 594. — Châssis extérieur. Cylindres extérieurs.

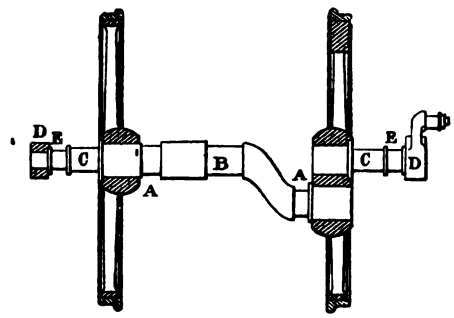


Fig. 595. — Châssis extérieur. Cylindres intérieurs.

ordinaire. Cet artifice de construction est très usité en Allemagne, où le châssis extérieur se trouve fréquemment employé avec les cylindres extérieurs et l'accouplement des essieux d'avant.

Enfin, quand le châssis est extérieur et les cylindres intérieurs, on est obligé, comme dans la seconde disposition, de couder l'essieu moteur. Mais, le châssis n'étant plus interposé entre les cylindres et les roues, il y a inté-

rêt, dans le but de réduire l'effort de flexion exercé sur l'essieu par la bielle du piston, à rapprocher le plus possible cette bielle du plan des roues. On est ainsi conduit à supprimer l'une des branches du vilebrequin et à la confondre avec le moyeu de la roue, comme l'indique la figure 595. L'essieu moteur AA n'est plus alors réellement coudé ; il est simplement dévié à ses deux extrémités, où il est assemblé dans le moyeu des roues. Les essieux de ce type, connus sous le nom d'essieux *Martin*, sont employés dans les machines d'express de la compagnie de l'Ouest. Dans ce cas, le châssis comporte, indépendamment des longerons extérieurs chargeant les fusées C, C, une portion de longeron central qui sert à reporter sur une fusée B, par un ressort très flexible, une petite portion du poids de la machine. L'accouplement des essieux est obtenu au moyen d'une manivelle extérieure D, et les excentriques sont calés en E, entre la fusée de la roue et la manivelle d'accouplement.

En somme, les cylindres intérieurs ont l'avantage de réduire la largeur de la machine et de concentrer dans le voisinage de son axe longitudinal les actions perturbatrices dues aux mouvements des pistons et des différentes pièces du mécanisme, ce qui contribue à donner à la locomotive une allure plus stable ; les cylindres intérieurs sont, en outre, mieux protégés contre le refroidissement.

En revanche, ils ont l'inconvénient d'exiger l'essieu coudé, ce qui conduit à exhausser la chaudière et par suite à diminuer la stabilité de la machine ; de plus, l'essieu coudé est une pièce difficile à forger et dont la solidité est toujours beaucoup moins grande que celle d'un essieu droit. Cette raison a paru décisive à un certain nombre d'ingénieurs pour repousser absolument l'emploi des cylindres intérieurs. L'exemple des machines à cylindres extérieurs, qui sont très employées en France, montre d'ailleurs que cette dernière disposition n'est pas incompatible avec une stabilité d'allure très suffisante pour la sécurité.

§ 2. — LES ROUES ET LES ESSIEUX

Les roues. — Les roues des locomotives se font généralement en fer, quelquefois en acier ; elles sont forgées par des méthodes qui se rapprochent plus ou moins du procédé *Arbel*, dont nous avons parlé à propos des wagons, et qui consiste, en principe, à étamper au marteau-pilon où à la presse hydraulique une roue fortement chauffée dans un four et dont toutes les parties ont été solidement assemblées à froid. Ces roues possèdent à un degré remarquable des qualités de légèreté et de résistance, qui font qu'elles ont remplacé presque partout les anciennes roues à rais en fer encastrés dans de

lourds moyeux en fonte. C'est aux États-Unis seulement qu'on emploie pour les machines des roues entièrement en fonte, comme pour les wagons ; ces roues sont coulées en coquilles et donnent un excellent service.

Indépendamment du rôle de support que jouent les roues de machines, comme les roues de wagons, elles fonctionnent encore comme de véritables poulies sur lesquelles s'enroulerait une courroie ayant pour tension l'effort de traction ; de là résulte la forme à donner aux rais. Chacun d'eux est un solide comprimé suivant son axe et sollicité à son extrémité libre par une force normale, égale à l'effort de traction divisé par le nombre des rais ; on doit donc leur donner une largeur croissante, dans le plan de la roue, depuis la jante jusqu'au moyeu. Ils sont en outre soumis, comme les roues de tous les véhicules, à la réaction du rail sur le bandage, ce qui conduit à leur donner également une épaisseur croissante de la jante au moyeu.

Les bandages sont, comme ceux des wagons, en fer ou en acier ; ils sont fixés à la jante des roues par les différents procédés que nous avons indiqués à propos des wagons.

Ceux des roues motrices doivent généralement avoir, après le tournage, une épaisseur de 50 à 60 millimètres au cercle de roulement ; on les laisse en service tant que cette épaisseur ne s'est pas réduite, par l'usure ou les tournages nouveaux, à 35 ou 40 millimètres.

Sur le réseau P.-L.-M., par exemple, tous les bandages pour roues de machines et de tenders, en fer ou en acier, doivent avoir, neufs et tournés, une épaisseur de 55 millimètres au milieu de la surface de roulement. Sont considérés comme étant hors de service :

1° Les bandages ayant moins de 40 millimètres d'épaisseur et qui présentent un défaut apparent de nature à compromettre leur service ;

2° Ceux qui présentent, après un dernier tournage, des épaisseurs inférieures à 35 millimètres pour les machines et à 30 millimètres pour les tenders.

Depuis quelques années, la compagnie emploie des bandages de 75 millimètres d'épaisseur sur certaines machines de son effectif[1].

Quelquefois, les roues intermédiaires des machines à trois essieux couplés ne présentent pas de bandages et par suite pas de conicité, afin de diminuer les frottements et de faciliter le passage de la machine dans les courbes. Cette disposition se rencontre principalement aux États-Unis ; en Europe, la plupart des ingénieurs pensent que la suppression des mentonnets est un inconvénient pour les machines dont la marche est un peu rapide et qu'elle est, en somme, plus dangereuse qu'utile.

Les roues des machines sont, comme celles des wagons, calées sur leur essieu et tournent avec lui ; la portée de calage de l'essieu est entrée de

[1] A. Leroy. *Ouvrage cité.*

force, à la presse hydraulique, sous une pression qui varie de 30 à 80 tonnes, suivant le diamètre.

Essieux. — Les essieux de locomotives se font en fer ou en acier. Ce que nous avons dit au sujet de la nature du métal employé, quand nous avons parlé des essieux de wagons, s'applique exactement à ceux des machines. L'emploi de l'acier, et particulièrement de l'acier doux, paraît se généraliser de plus en plus et semble destiné à se substituer peu à peu à celui du fer pour la fabrication de ces pièces ; sans être absolument d'accord sur la formule d'un bon acier pour essieux, les ingénieurs pensent généralement que sa teneur en carbone ne doit guère dépasser 0,3 p. 100 environ.

Les essieux de machines se divisent en deux grandes catégories : les *essieux droits* et les *essieux coudés*. Il faut y ajouter les *essieux à simple coude*, ou *essieux Martin*, qui sont, comme nous l'avons vu, employés à la compagnie de l'Ouest.

Les essieux droits se composent, comme ceux des wagons, de trois parties principales : les *fusées*, qui tournent dans des coussinets enfermés dans les boîtes à graissage ; les *portées de calage*, sur lesquelles sont fixées les roues, et le *corps de l'essieu*, partie comprise entre les deux portées. Les dimensions de ces différentes parties des essieux se déterminent, en général, d'une manière empirique ; on leur donne un grand excès d'équarrissage dans le but d'éviter les ruptures.

Les essieux droits périssent ordinairement par des fissures graves ou des ruptures produites, soit par le travail normal, soit par des chocs exceptionnels. Les ruptures d'essieux de machines sont, d'ailleurs, beaucoup plus rares que celle des essieux de wagons, moins robustes et moins surveillés ; elles se produisent habituellement à la fusée ou à la portée de calage et n'occasionnent presque jamais d'accidents sérieux.

On est mieux renseigné sur la durée des essieux de machines que sur celle des essieux de wagons, parce que, pour les premiers, la tenue des registres de parcours est demeurée obligatoire. On peut compter, pour le parcours moyen d'un bon essieu droit en fer, au moins 300 000 kilomètres; ce parcours est, en général, plus grand pour les essieux moteurs des machines à roues accouplées.

Les essieux doublement coudés, employés pour les machines à cylindres intérieurs, sont des pièces fort délicates, bien plus exposées à se rompre que les essieux droits. Leur rupture se produit habituellement, soit dans le tourillon qui réunit les deux bras de la manivelle, soit dans l'un de ces bras, rarement à la fusée. Le parcours moyen d'un bon essieu coudé varie avec le type de la machine ; il oscille entre 70 000 et 200 000 kilomètres. Le parcours garanti par le fournisseur est ordinairement de 150 000 kilomètres.

Souvent on consolide le tourillon de l'essieu par un gros boulon qui le traverse de part en part ; la tête du boulon et son écrou sont noyés dans l'épaisseur des coudes.

Voici, d'après M. A. Leroy, les conditions généralement imposées pour la fourniture des essieux coudés :

Ils doivent être en fer de la nature dite fer fort et aciéreux, ou en acier naturel, l'un et l'autre de première qualité, à grain fin, serré et homogène, parfaitement soudés, exempts de criques, pailles, dessoudures, manques de matières ou autres défauts pouvant nuire à leur forme ou à leur solidité. Ils doivent être formés dans la masse, en une seule fois ; les essieux bruts de forge, ou ajustés, qui présenteraient des criques, des trous, des manques de fer à la surface, doivent être rebutés; il est formellement interdit de les réparer en y soudant du fer pour remplir les vides, cette opération étant plus nuisible à l'essieu que le défaut primitif; ceux qui auraient été ainsi réparés doivent être refusés.

Les essieux des machines sont toujours graissés à l'huile et les boîtes à graissage sont généralement à réservoir supérieur. Les boîtes intérieures se font en fer ou en acier ; les boîtes extérieures, fermées par devant, sont d'une forme trop compliquée pour être forgées ; elles sont en fonte ou en bronze.

Quant aux coussinets, ils sont presque toujours en bronze, et quelquefois garnis d'un doublage en métal antifriction de quelques millimètres d'épaisseur.

§ 2. — LA SUSPENSION

Les ressorts de locomotives sont presque toujours à lames étagées et jointives, de même largeur et de même épaisseur ; leur longueur va en décroissant, comme dans les ressorts de wagons, depuis la maîtresse lame qui est placée à la partie supérieure. Ils se distinguent des ressorts de wagons par leur résistance beaucoup plus grande et leur flexibilité beaucoup moindre.

Cette dernière varie, par tonne de charge, entre les limites suivantes : 10 à 15 millimètres pour les roues motrices ; 10 à 12 millimètres pour les roues accouplées ; 6 à 10 millimètres pour les roues porteuses ; elle s'abaisse jusqu'à 5 millimètres pour les roues d'arrière, dans les machines où le foyer est en porte-à-faux.

On emploie aussi, principalement comme ressorts de choc, les ressorts de *Brown* ou de *Baillie*, formés par l'enroulement en spirale d'une feuille d'acier.

On place, autant que possible, les ressorts au-dessus des boîtes à graissage, comme l'indique la figure 596.

G est une chappe qui saisit le ressort en son milieu et qui se prolonge

par une chandelle verticale H, venue de forge avec elle et glissant dans un guidage *bb*, fixé au châssis. *KK* est une paire de broches supportant le châssis par les goujons *cc* et suspendues au ressort par les écrous *d d*, qui peuvent être plus ou moins serrés.

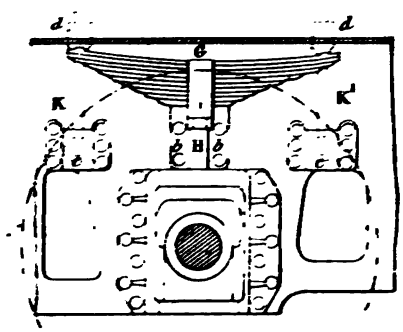


Fig. 596. — Suspension.

Le châssis est donc suspendu aux extrémités du ressort par les broches et, de son côté, le ressort repose en son milieu sur la boîte à graissage par l'intermédiaire de la chandelle.

Cette disposition n'est pas toujours possible, surtout dans les machines d'express à châssis intérieur, où le grand diamètre des roues motrices ne laisse que peu de place entre elles et la chaudière. On est alors conduit, soit à placer le ressort sous le longeron, en le renversant, c'est-à-dire en tournant sa convexité vers le haut, soit à l'exhausser au contraire au-dessus du longeron, comme on le faisait dans les machines Crampton pour l'essieu d'arrière.

Répartition de la charge entre les essieux. — Balanciers. — Considérons une locomotive à trois essieux du poids P ; appelons A, B, C les pressions exercées par chacune des paires de roues sur les rails, et *a*, *b*, *c*, les distances de chacun des essieux à la verticale du centre de gravité G (fig. 597).

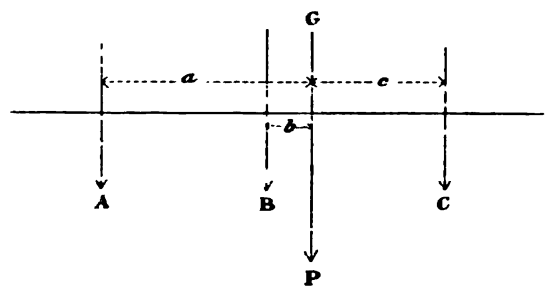


Fig. 597. — Répartition de la charge entre les essieux.

On a, entre ces diverses quantités, les deux relations suivantes :

$$A + B + C = P, \qquad (1)$$

équation de la somme des projections des poids sur la verticale ;

$$Aa + Bb = Cc, \qquad (2)$$

équation des moments par rapport à la verticale du centre de gravité.

On a donc deux équations pour déterminer trois inconnues A, B, C. Le

problème de la répartition de la charge d'une locomotive entre trois essieux est donc indéterminé, si l'on ne fait intervenir que les données qui précèdent. Il l'est, à plus forte raison, pour une machine à plus de trois essieux.

On peut profiter de cette indétermination pour chercher à remplir plus ou moins un ensemble de conditions qui dépendent du service que la machine doit faire.

S'il s'agit, par exemple, d'une machine à grande vitesse à deux essieux couplés, il y a intérêt à ce que les charges soient égales sur ces deux essieux, afin que les bandages de leurs roues s'usent également. On devra donc prendre :

$$A = B,$$

et l'on aura, pour la valeur de la charge à faire supporter chacun de ces essieux :

$$A = \frac{Pc}{a + b + 2c}.$$

La charge du troisième essieu sera dès lors :

$$C = P - 2A = P \times \frac{a + b}{a + b + 2c}.$$

Pour une machine à petite vitesse ayant toutes ses roues accouplées, il faut répartir aussi également que possible le poids total entre les trois essieux. On a, dans le cas de l'égalité :

$$A = B = C = \frac{P}{3},$$

et cette répartition n'est possible que si les distances des essieux au centre de gravité de la machine remplissent la condition :

$$a + b = c, \qquad (3)$$

qui résulte dans ce cas de l'équation (2).

Dans les machines à trois essieux, dont deux accouplés à l'arrière, le centre de gravité se trouve souvent un peu en arrière de l'essieu moteur, qui est le second; dans les machines à marchandises, au contraire, il se trouve presque toujours en avant de l'essieu intermédiaire. En hauteur, le centre de gravité, est, généralement, un peu au-dessus de l'arête supérieure des longerons.

La répartition du poids d'une locomotive entre ses différents essieux se règle au moyen des écrous de suspension *dd* (fig. 596), de la manière suivante. On place la machine sur un pont à bascule formé de deux files de rails,

divisés en un certain nombre de tronçons; chacun des ces tronçons est fixé sur le plateau d'une bascule et supporte le poids d'une des roues de la machine. En agissant sur les écrous de suspension, on modifie la charge sur les points d'appui, jusqu'à ce que, les rails étant bien horizontaux, on ait obtenu la répartition que l'on a en vue.

Les ressorts d'une machine une fois réglés à l'atelier, la répartition ainsi établie se modifie peu à peu en service, principalement à cause de l'usure inégale des coussinets et de l'altération plus ou moins grande de l'élasticité des ressorts.

La seule garantie certaine que l'on ait contre ces troubles de la répartition statique de la charge consiste dans l'emploi des balanciers (fig. 598). On réunit les broches des extrémités voisines de deux ressorts par un balancier AB, mobile autour d'un axe O fixé au châssis et on donne aux deux

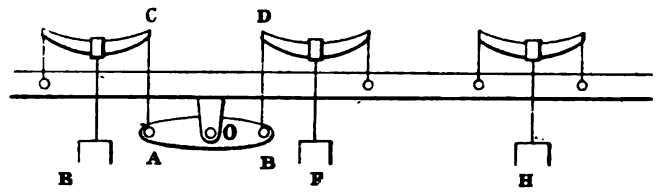


Fig. 598. — Balanciers longitudinaux.

bras du balancier OA et OB des longueurs dont le rapport soit justement égal à celui qu'on veut établir entre les charges des deux essieux voisins E et F. C'est le plus souvent, surtout pour les roues accouplées, l'égalité des charges qu'il convient d'assurer : on prend dans ce cas OA = OB. La tension exercée par les deux extrémités du levier sur les broches AC et BD est, dès lors, la même et, par suite, sur les deux boîtes à graissage, E et F, sont égales. La répartition devient donc indépendante de l'état des ressorts et des coussinets; elle résulte seulement des distances de la verticale du centre de gravité de la machine au centre d'articulation O du balancier et à la boîte à graisse indépendante, H. On peut donner aux balanciers un grand nombre de dispositions diverses, mais le but à atteindre est toujours le même; répartir dans un rapport déterminé la charge entre les deux essieux conjugués.

Lorsque dans une machine à six roues accouplées l'égalité des charges est possible, c'est-à-dire quand l'équation (3) est satisfaite, ou peut l'assurer en conjuguant les trois ressorts, deux à deux, par des balanciers à bras égaux; mais il est clair qu'un seul balancier suffit pour atteindre ce résultat. En effet, l'égalité de la charge sur deux des essieux détermine complètement la répartition, de sorte qu'elle suffit pour réaliser l'égalité complète, lorsque celle-ci est possible. L'application de deux balanciers serait donc inutile dans ce cas; elle serait même nuisible, si la condition (3) n'était pas remplie,

puisque l'équilibre, étant mathématiquement impossible, ne pourrait s'établir que par l'intervention des réactions étrangères, provenant de la déformation des pièces qui transmettent la charge aux essieux.

L'emploi des balanciers, très ancien en Allemagne, s'est généralisé également en France, surtout depuis l'accouplement toujours plus fréquent de deux essieux dans les machines à grande vitesse, condition qui nécessite la répartition très égale de l'usure des bandages entre les paires de roues accouplées.

Les balanciers se placent aussi quelquefois transversalement; ils ont alors pour but d'égaliser les charges sur les deux roues d'un même essieu. Ils peuvent être formés, comme les longitudinaux, par un fléau de balance, ou encore par un simple ressort transversal.

Des considérations analogues à celles qui précèdent s'appliquent aux locomotives ayant un nombre d'essieux différent de trois.

Dans une machine à deux essieux, il n'y a qu'une seule répartition possible, quelle que soit la flexion des ressorts, et la charge de chacun des essieux est déterminée par les équations (1) et (2).

Dans une machine à quatre essieux, l'indétermination de la répartition est d'un degré plus élevé que pour trois essieux, puisqu'on n'a que deux équations pour déterminer quatre inconnues. Il suffit pour la faire cesser de conjuguer deux paires d'essieux, au moyen de balanciers longitudinaux au nombre de quatre, deux de chaque côté.

Pour les motifs indiqués tout à l'heure, le nombre de ces balanciers ne peut être porté à trois de chaque côté que lorsque la condition de l'égalité des charges se trouve satisfaite et, dans ce cas, deux balanciers suffisent pour la réaliser. On ne doit donc jamais employer plus de quatre balanciers latéraux dans les machines à quatre essieux.

Perturbations. — Contrepoids. — Un grand nombre de causes viennent troubler à chaque instant, dans une machine en marche, la répartition statique établie à l'atelier. Il faut citer en premier lieu les inégalités de la voie, inégalités accidentelles ou résultant des changements de pente et de courbure; leur effet est atténué par la présence des ressorts, il est presque complètement détruit par celle des balanciers. Mais d'autres causes existent, qui font varier la répartition et qui ne peuvent pas être évitées; ce sont: les variations de la pression de la vapeur sur les pistons, dont l'effet est de donner une composante verticale de valeur variable; la consommation de la machine en eau et en combustible qui, en modifiant la position du centre de gravité, réagit sur la répartition; la présence des pentes et des rampes du tracé, qui fait varier la position de l'eau dans la chaudière; les variations de la vitesse de marche, qui produisent un effet analogue; enfin l'effort de traction, qui donne naissance à un couple tendant à soulager l'essieu d'avant.

Toutes ces perturbations sont inévitables, elles sont d'ailleurs renfermées dans des limites assez étroites pour n'être pas dangereuses.

Il n'en est pas de même de celles qui sont dues à l'inertie des pièces du mécanisme animées de mouvements rotatifs, et qui, indépendamment du trouble qu'elles apportent dans la répartition statique de la charge, impriment à la machine des trépidations, des soubresauts, qui pourraient devenir fort dangereux et amener même un déraillement, si on ne prenait pas soin de les atténuer dans la mesure du possible.

Lorsqu'une locomotive se meut sur des rails, les principaux mouvements irréguliers qui viennent s'ajouter à son mouvement général de translation sont les suivants :

1° Un mouvement de va-et-vient de la machine dans un plan horizontal le long de son axe longitudinal : c'est le *recul;*

2° Un mouvement d'oscillation autour de son axe vertical : c'est le *lacet;*

3° Un mouvement d'oscillation autour de son axe horizontal transversal : c'est le *galop;*

4° Un mouvement d'oscillation autour de son axe horizontal : c'est le *roulis;*

Tous ces mouvements sont dus à l'inertie des pièces du mécanisme et aux réactions de la voie : ils sont plus ou moins influencés par la flexibilité des ressorts. On peut arriver à les atténuer d'une manière suffisante par l'application de contrepoids convenablement placés sur les organes en mouvement; ces masses, en se déplaçant, agissent en sens contraire de celles des pistons, des bielles et des manivelles.

Le calcul de ces contrepoids est un problème fort complexe, que nous ne traiterons pas; nous en indiquerons seulement le principe et les résultats [1].

Les actions perturbatrices peuvent être divisées en deux groupes : celles qui tendent à faire pivoter la machine autour d'un axe *horizontal* passant par son centre de gravité et celles qui tendent à la faire tourner autour d'un axe *vertical* passant par le même point. On donne aux premières forces le nom de *perturbations verticales* et aux secondes celui de *perturbations horizontales.*

On démontre que, pour équilibrer à peu près les perturbations verticales d'une machine à roues libres, faut placer sur chaque roue motrice, à l'opposé de la manivelle, un contrepoids Q, déterminé par la formule suivante :

$$Q_1 = \left(M + B\,\frac{b}{l}\right)\frac{r}{d},$$

dans laquelle

M est le poids de la manivelle supposé concentré au centre du bouton;

[1] V. Lechatelier. *Étude sur la stabilité des locomotives*, 1849. — Couche. *Ouvrage cité*, t. II.

B, le poids de la bielle motrice;

l, la longueur de cette bielle;

b, la distance de son centre de gravité à son point d'articulation avec la tige du piston;

r, le rayon de la manivelle;

d, la distance du centre de gravité du contrepoids au centre de rotation de la roue.

Pour équilibrer les perturbations verticales, il suffirait de disposer sur la roue motrice un contrepoids Q_2, déterminé par la formule :

$$Q_2 = (M + B + P)\frac{r}{d},$$

P étant le poids du piston et de son attirail.

Or, ces deux valeurs sont incompatibles ; b étant plus petit que l, Q_1 est toujours plus petit que Q_2. Il est donc impossible de détruire à la fois les deux espèces de perturbations. Si l'on veut supprimer les perturbations horizontales (lacet et recul), le contrepoids devient trop fort pour l'équilibre vertical et les variations de pression sur les rails se reproduisent en sens inverse de ce qu'elles seraient sans contrepoids, mais avec les mêmes inconvénients. Pour cette raison, on se contente généralement du contrepoids de l'équilibre vertical, Q_1, tel qu'il résulte de la forme ci-dessus.

On peut aussi déterminer empiriquement ce contrepoids de la manière suivante :

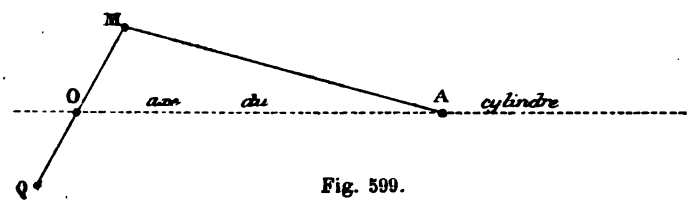


Fig. 599.

L'essieu moteur O (fig. 599) étant disposé suivant son axe sur les pointes d'un tour, on suspend par un fil vertical suffisamment long l'extrémité A de la bielle et on augmente le contrepoids Q, jusqu'à ce que le système soit en équilibre dans toutes les positions que peut prendre la roue autour de son axe.

Par l'application du poids Q, on détruit les perturbations verticales (galop et roulis) qui sont les plus dangereuses; on équilibre en même temps, bien entendu, la majeure partie des perturbations horizontales.

Lorsque la machine est à roues accouplées, il faut tenir compte du poids des bielles d'accouplement; le contrepoids à répartir sur les roues de chaque côté de la machine, pour équilibrer les perturbations verticales, est alors

donné par la formule :

$$Q = \left[nM + B\frac{b}{l} + (n-1)\,B'\right];$$

n étant le nombre des essieux accouplés ;
B′ le poids d'une bielle d'accouplement.

Remarque. — Les formules ci-dessus ne donnent qu'une solution approximative de la question des contrepoids, parce qu'elles sont établies en supposant que les organes se meuvent dans le plan des roues; or, il n'en est pas exactement ainsi et, notamment dans le cas des cylindres intérieurs, cette hypothèse s'éloigne notablement de la vérité. Il faut dans ce cas composer les actions des masses en mouvement de part et d'autre de la machine, ce qui conduit à placer les contrepoids en dehors du prolongement de la manivelle.

Divers moyens ont été proposés, indépendamment des contrepoids, pour combattre les perturbations.

Stephenson avait construit dans ce but une locomotive à trois cylindres, dont deux latéraux et un médian; les manivelles latérales étaient parallèles et calées à 90° de la manivelle médiane.

M. *Haswell*, ingénieur des chemins autrichiens, a imaginé dans le même but une machine à quatre cylindres, deux de chaque côté commandant des manivelles opposées.

Ces différents systèmes ont été abandonnés par suite de leur complication et on est généralement revenu aujourd'hui à l'application des contrepoids assurant l'équilibre vertical. Avec une construction soignée de la machine, des ressorts bien réglés, une bonne répartition du poids sur les essieux et aussi un serrage énergique de l'attelage avec le tender, ce qui subsiste des perturbations ne présente aucun danger pour la stabilité.

Nous avons vu précédemment que, dans les locomotives compound à quatre cylindres, on équilibrait, au moins en grande partie, les pièces à mouvement rectiligne alternatif situées d'un même côté de la machine en les rattachant à deux manivelles opposées à 180°[1].

On consultera avec fruit sur cette question un article de M. von Borries sur la *Relation entre la vitesse et les mouvements perturbateurs des locomotives*, paru dans l'*Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens* (7e cahier 1899). Un compte rendu de cet article a paru dans le *Génie civil* du 14 octobre 1899. L'auteur conclut dans son étude qu'il faut donner à la machine un empattement suffisant et éviter, autant que possible, les lourdes masses en mouvement aux extrémités du véhicule. Il signale les avantages des bogies pour le passage en courbe, ces appareils permettant d'augmenter sans danger la vitesse d'une machine de 15 à 20 kilomètres à l'heure.

Voir également :

Recherches sur les organes de suspension des locomotives, par M. Herdner (*Revue générale des Chemins de fer*, 1905).

Les oscillations du matériel dues au matériel lui-même par M. Marié (*Revue générale des Chemins de fer*, mai et juin 1907).

§ 4. — DISPOSITIONS DESTINÉES A FACILITER LE PASSAGE DES LOCOMOTIVES DANS LES COURBES

Les locomotives sont, au point de vue de la faculté d'inscription dans les courbes, dans des conditions bien plus difficiles que les wagons, en raison de leur plus grand empattement sur les rails et du nombre plus considérable de leurs essieux.

Lorsqu'un wagon à quatre roues se meut sur une voie en courbe, le jeu de la voie, celui des boîtes à graissage et la conicité permettent généralement aux roues de se placer de manière à pouvoir rouler sans glisser.

Il n'en est pas de même pour la locomotive.

Pour qu'elle passe de la position en alignement droit à celle qui convient théoriquement en courbe, chacun de ses essieux, sauf celui du milieu, doit exécuter deux mouvements :

1° Une rotation autour de son milieu de manière à converger au centre de la courbe ;

2° Un déplacement transversal à la voie, de manière à augmenter, par suite de la conicité, le cercle de roulement des roues à l'extérieur de la courbe et à le diminuer à l'intérieur.

Dans une machine à trois essieux sans jeu dans les plaques de garde, ces deux mouvements ne sont pas possibles, le premier, à cause du parallélisme des trois essieux ; le second, parce que, si les essieux extrêmes prennent la position convenable, les contacts des roues de l'essieu du milieu avec les rails se feront en dehors de la ligne droite qui joint les contacts des essieux extrêmes ; l'essieu médian ne se trouvera donc pas placé dans la situation qui convient pour annuler le glissement à la jante.

Il est donc nécessaire de munir les locomotives de dispositions qui permettent leur inscription dans les courbes, surtout quand celles-ci sont très prononcées et quand les machines sont puissantes, c'est-à-dire à grand empattement.

Les moyens employés dans ce but peuvent se classer en trois catégories, savoir :

1° Modifications du profil des bandages et du jeu de la voie ;

2° Jeu des essieux dans le sens transversal à la voie ;

3° Artifices permettant la convergence des essieux vers le centre de la courbe.

Modifications des bandages et du jeu de la voie. — C'est la conicité des bandages qui permet, dans une certaine mesure, d'éviter le glissement des roues à la jante ; il est donc naturel d'augmenter cette conicité dans les loco-

motives. C'est ce qu'on fait pour la paire de roues d'avant, qui sert à guider le train sur la voie et dont la déviation progressive amène la rotation de la machine autour du centre de courbure.

En outre, on a quelquefois supprimé complètement les mentonnets des roues du milieu et aussi la conicité de leurs bandages, pour faciliter l'inscription dans les courbes. Mais ce moyen est considéré comme dangereux ; il est clair que, les roues du milieu n'ayant pas de boudins, si l'essieu d'avant quitte les rails, le déraillement de la machine est inévitable.

On se borne, par conséquent, à réduire la conicité des roues intermédiaires et à augmenter le jeu des mentonnets dans la voie.

Jeu transversal des essieux. — Des deux déplacements que doivent prendre les essieux pour passer de l'alignement droit à la courbe, le second, déplacement transversal à la voie, est de beaucoup le plus important ; c'est pour l'obtenir qu'on laisse aux essieux des machines un certain jeu dans le sens de leur longueur.

Les essieux auxquels il convient surtout de donner ce jeu sont les essieux extrêmes et principalement l'essieu d'avant, afin d'éviter une trop brusque déviation latérale de la machine au moment de l'entrée en courbe. On conçoit en effet que, si l'essieu d'avant est invariablement fixé au châssis, la masse entière de la machine devra se déplacer brusquement sous l'impulsion du rail extérieur, tandis que, si l'essieu peut exécuter son mouvement de translation sans entraîner avec lui toute la masse, celle-ci se déplacera graduellement et sans chocs, au grand avantage de la voie et du matériel.

Il est donc essentiel de donner un jeu transversal à l'essieu directeur de la machine et, sur les lignes dont le tracé n'est pas trop tourmenté, cela suffit généralement. On peut d'ailleurs donner également du jeu aux autres essieux et on le fait quand les courbes sont fréquentes et très prononcées.

L'importance du déplacement transversal des essieux dépend du rayon des courbes et de l'empattement de la machine ; un jeu de 0,01 m. de part et d'autre de la position moyenne de l'essieu suffit habituellement.

Dans certaines machines, il est cependant bien plus considérable ; ainsi, dans les machines à huit roues couplées de la ligne d'Alais à Brioude, qui ont 4,05 m. d'empattement et qui doivent passer dans des courbes de 200 mètres de rayon, les essieux extrêmes ont un jeu total de 50 millimètres ; dans les anciennes machines à douze roues du Nord, les essieux extrêmes, espacés de 6 mètres, avaient reçu un jeu total de 60 millimètres, leur permettant de franchir des courbes de 150 mètres de rayon.

Il ne suffit pas de donner aux essieux un jeu transversal, il faut encore en régler l'usage ; le déplacement de l'essieu ne doit, en effet, pouvoir se

produire que lorsqu'il est nécessaire et dans les limites où il est utile. Sans cette précaution, l'essieu, libre de se déplacer sous la moindre réaction des rails, serait sans cesse en mouvement autour de sa position moyenne, et donnerait à l'allure de la machine une instabilité dangereuse, surtout aux grandes vitesses.

Différents moyens ont été imaginés pour le réglage du jeu ; le plus usité consiste dans l'emploi des *plans inclinés*.

La figure 600 représente la disposition des plans inclinés appliqués par M. Forquenot aux machines du Cantal ; cette disposition, imitée de celle que M. Polonceau avait employée depuis longtemps pour les essieux antérieurs de toutes les machines du réseau d'Orléans, consiste à tailler le dessus du coussinet A, dans sa partie médiane. suivant un plan incliné CD, et, sur ses côtés, suivant un plan EEFF incliné en sens contraire. La face d'appui de la boîte à graisse B, qui est représentée enlevée à une certaine distance du coussinet pour faire mieux comprendre la disposition, est taillée de même suivant C'D' et E'F', de manière à s'appliquer exactement sur la face supérieure du coussinet. Il existe de plus un certain jeu du coussinet dans la boîte à graisse, dans le sens transversal à la voie.

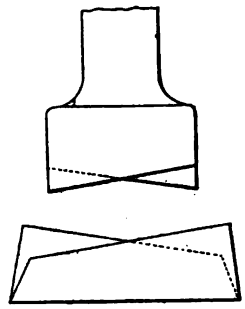


Fig. 601.

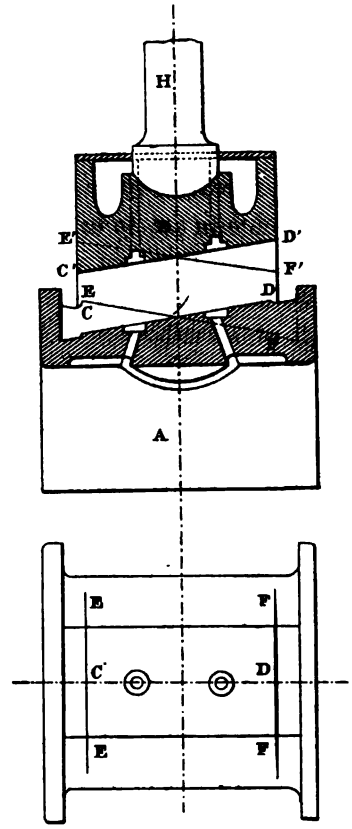


Fig. 600.

Dès lors, si l'essieu se déplace à droite ou à gauche de sa position moyenne, entraînant avec lui le coussinet, la chandelle verticale H sera toujours soulevée et pressée par le ressort. Cette pression du ressort tendra à faire redescendre la chandelle et, par suite, à la ramener et à la maintenir dans sa position moyenne, ainsi que l'essieu lui-même, dès que les exigences de la courbure ne nécessiteront plus son déplacement.

Dans les machines du Cantal, le jeu de chaque côté, réglé pour la circulation dans des courbes de 200 mètres de rayon, est :

Pour l'essieu du milieu (moteur)	nul ;
Pour le 2e et le 4e essieux	7 millimètres ;
Pour le 1er et le 3e essieux	17 —

L'usage des plans inclinés est, comme nous l'avons dit, général pour les essieux d'avant des machines du réseau d'Orléans et l'expérience a démontré que, même à grande vitesse, cette disposition ne présente aucun inconvénient au point de vue de l'allure en alignement droit.

Les plans inclinés sont aujourd'hui le procédé le plus répandu pour faciliter le passage des machines dans les courbes par le déplacement transversal des essieux. Quelquefois ils sont disposés, comme l'indique la figure 601, au bas de la chandelle du ressort, dont la surface de portée sur la boîte à graisse est profilée suivant deux plans inclinés en sens contraire. L'effet obtenu est le même que dans le système de l'Orléans; mais la première dispositien est meilleure que la seconde, parce qu'elle permet de donner aux plans inclinés une plus grande surface et parce que le graissage se fait plus facilement sur le coussinet qu'au-dessus de la boîte à graisse.

Convergence des essieux. — *Bogie*. — Le dispositif le plus répandu et le plus simple pour faciliter le passage des locomotives dans les courbes, en réalisant la convergence des essieux, est le *bogie* ou *avant-train américain*, ainsi désigné parce qu'il a été longtemps la caractéristique principale des machines américaines.

Il consiste en un petit chariot à quatre roues, dont les deux essieux, très rapprochés et invariablement parallèles entre eux, remplacent l'essieu d'avant de la locomotive; ces deux essieux supportent un châssis spécial, relié au châssis principal par l'intermédiaire d'une cheville ouvrière, située vers le centre du chariot, autour de laquelle le bogie peut tourner dans tous les sens, de manière à s'inscrire facilement dans les courbes à faible rayon. Les essieux de la machine se trouvent ainsi partagés en deux groupes dont les axes peuvent converger au centre de la courbe; mais les essieux du bogie ne peuvent plus concourir à l'adhérence, au moins par les procédés ordinaires de l'accouplement.

En Europe, on ne laisse pas, en général, aux bogies une liberté de mouvement aussi complète qu'on le fait en Amérique; on préfère se servir de la cheville ouvrière simplement comme d'un axe de pivotement et faire porter la charge de la machine sur des pièces latérales reliées aux longerons du bogie et dont le mouvement est limité soit par des ressorts, soit par des plans inclinés.

Le bogie se place le plus souvent à l'avant de la machine.

« Les machines avec bogie à l'avant font depuis longtemps, en Angleterre et en Autriche, le service des trains les plus rapides. Elles sont très stables et d'autant plus que les essieux de bogie, dont l'écartement doit être au moins égal à la largeur de la voie, sont plus éloignés l'un de l'autre; elles franchissent avec douceur des courbes de 300 mètres de rayon, au grand avan-

tage des rails et des bandages des roues qui guident la machine. En outre, une machine à deux essieux accouplés et conjugués par des balanciers, et dont l'avant porte sur le centre de figure d'un bogie, peut être considérée comme reposant sur trois points d'appui[1]. »

Or, cette répartition des charges est particulièrement favorable à la stabilité.

Le bogie qui est depuis longtemps d'un usage courant en Amérique, a été appliqué en France aux machines express de la compagnie du Nord depuis 1878, à celles de la compagnie de l'Ouest depuis 1888. Mais, en raison de l'augmentation de la charge des trains express, augmentation qui a conduit à employer des machines de plus en plus puissantes, à foyer plus vaste et à essieux accouplés plus espacés, l'emploi des bogies s'est peu à peu étendu à toutes les machines à grande vitesse, et il est maintenant d'un usage courant sur tous les réseaux.

Nous reproduisons (fig. 602), d'après M. Sauvage, le bogie des locomotives des chemins de fer de l'Ouest; il comporte un bâti formé de deux longerons intérieurs entretoisés par une pièce en acier coulé. Le support du pivot, également en acier coulé, peut se déplacer transversalement sur des glissières et ce déplacement est réglé par des ressorts à lames qui sont conjugués, de manière à travailler toujours solidairement. L'axe du pivot est un peu en arrière du centre de figure, ce qui paraît faciliter l'inscription de la machine dans les courbes.

D'autres types de bogies, différant du précédent par quelques détails, sont en service sur les autres réseaux français.

Le bogie à l'arrière est moins usité que le précédent, parce que la hauteur de la cheville ouvrière ne permet pas de le placer facilement au-dessous du foyer; on l'applique à des machines-tenders, en le plaçant à l'arrière du foyer et en l'utilisant pour lui faire porter une grande partie des approvisionnements.

On rencontre aussi des locomotives à deux bogies, un à l'avant et l'autre à l'arrière; mais elles sont très rares, même aux États-Unis, et ne s'emploient que dans des cas exceptionnels, par exemple lorsque la machine, portant elle-même ses approvisionnements, doit être à la fois très longue et très flexible et que sa vitesse de marche ne doit pas être très élevée.

Le principe du bogie ne s'applique pas seulement aux locomotives; nous avons vu qu'il s'adapte également aux wagons et nous avons montré que l'emploi de deux bogies pour supporter la caisse des voitures résout complètement pour elles la question du passage dans les courbes. Il n'en est pas de même pour les locomotives; celles-ci ne peuvent pas posséder, même avec le

[1] G. Richard et L. Baclé. *Ouvrage cité.*

bogie, une faculté d'inscription en courbe aussi complète que les wagons. Cela résulte de la construction même des machines.

En effet, l'axe des essieux du bogie *bb* (fig. 603) et la ligne moyenne *aa*

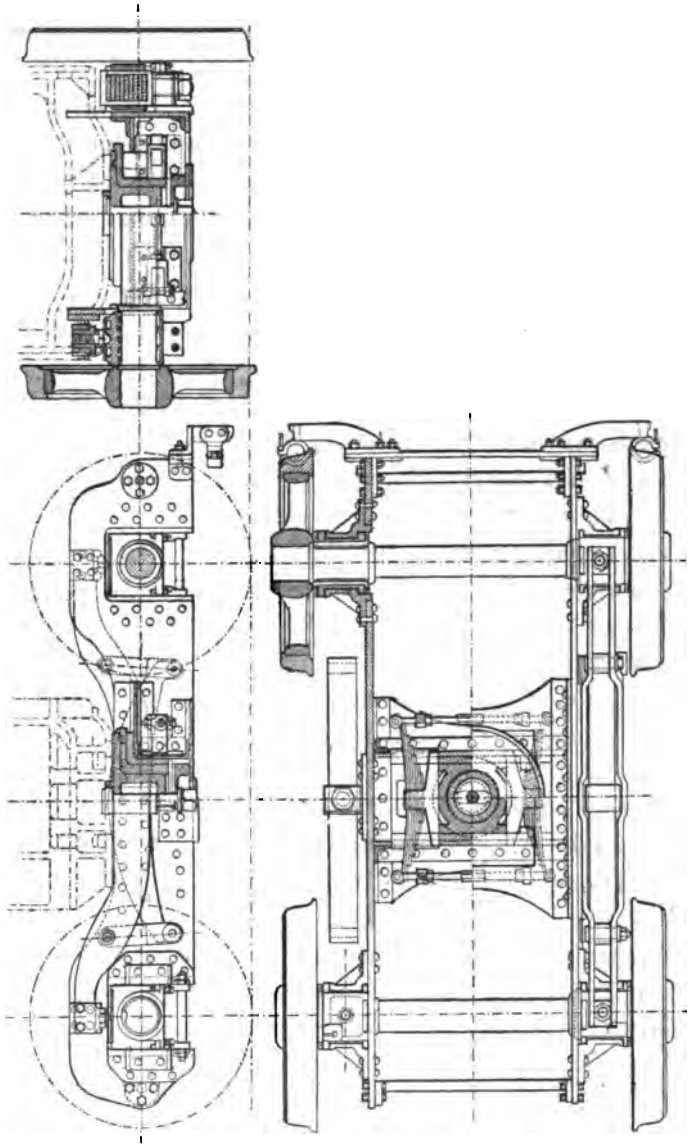


Fig. 602. — Bogie à déplacement transversal des locomotives de la compagnie de l'Ouest. D'après M. E. Sauvage.

des essieux accouplés peuvent bien se placer tous deux de manière à converger au centre de la courbe, à la condition toutefois que l'écartement de ces deux lignes ne soit pas trop grand. Mais les deux essieux accouplés devant être forcément perpendiculaires aux longerons de la machine, l'axe transversal de celle-ci *pq* ne peut pas prendre une position normale à la courbe ; dès que la ligne moyenne des essieux *aa* est supposée radiale, l'axe longitudinal

de la machine prend la position de la sécante $\alpha\beta$ à la courbe moyenne de la voie *mm*, et la cheville ouvrière du bogie, située sur cet axe, se trouve reportée en dehors de cette courbe. L'écart *ck* est d'autant plus considérable que la distance des deux groupes d'essieux est plus grande et, s'il est supérieur à la moitié du jeu de la voie, le système ne peut s'inscrire dans la courbe que si l'axe longitudinal de la machine tend à prendre la position AB de la corde de l'arc ; dès lors, la ligne moyenne des essieux accouplés, qui est perpendiculaire à cet axe, ne peut plus être normale à la courbe.

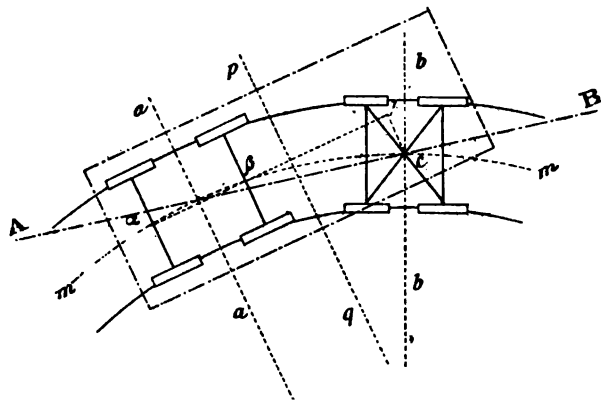


Fig. 603.

Il faut donc, en définitive, qu'il s'établisse une sorte de compromis, grâce auquel la cheville ouvrière se rapproche de la courbe moyenne, en même temps que la ligne moyenne des essieux accouplés s'éloigne un peu de la position radiale.

La figure 603 suppose que la cheville ouvrière du bogie coïncide avec son centre de figure ; il n'en est pas toujours ainsi. On la place quelquefois un peu en avant de ce point, ce qui augmente la stabilité pour la marche en avant, qui est la marche normale des machines ; on la place aussi un peu en arrière, comme nous l'avons vu, ce qui facilite l'inscription dans les courbes.

On a cru pendant longtemps que le bogie ne convenait pas aux machines à grande vitesse, par suite de la faible charge de l'avant-train et de ses oscillations autour de la cheville ouvrière. « On aurait de la peine, dit M. Couche[1], à se faire, en France, à l'idée d'une machine à grande vitesse, avec avant-train articulé. » L'expérience a prouvé au contraire que les machines avec bogie à l'avant sont parfaitement capables de faire le service des trains rapides et qu'elles possèdent une grande stabilité, à tel point que le type classique de la machine à grande vitesse est maintenant représenté

[1] Couche. *Ouvrage cité*, t. II, p. 495.

par la machine à deux (ou même trois) essieux accouplés avec bogie à l'avant.

Ces machines ne conviennent pas pour le service des trains de marchandises, à cause de leur adhérence incomplète, les essieux du bogie ne pouvant pas être accouplés avec les autres essieux de la machine. On peut d'ailleurs atténuer ceti nconvénient en reportant le train articulé vers l'avant, de manière à diminuer la charge qu'il supporte. D'ailleurs, lorsqu'on a besoin à la fois d'une grande adhérence et d'une grande flexibilité dans les courbes, la solution réside dans l'adoption de la locomotive articulée système Mallet que nous représentons plus loin (fig. 605).

Les différents systèmes de bogies employés sur les locomotives sont fort nombreux; ils ont été passés en revue dans une Étude comparative, publiée par M. Demoulin dans le *Portefeuille économique des Machines* en 1890.

Bissel. — On peut éviter l'imperfection que présente le bogie, au point de vue de la facilité d'inscription en courbe des deux groupes d'essieux, en plaçant sa cheville ouvrière, non plus sur son axe de figure ou très près de cet axe, mais en un point convenablement choisi sur le prolongement de son axe longitudinal. On dit alors que le bogie est à articulation de *Bissel.*

Soient c le centre du bogie, o le centre de figure du groupe des essieux accouplés, et K la cheville ouvrière (fig. 604). Pour que les deux groupes d'essieux s'inscrivent avec une égale facilité dans les courbes, il faut évidemment et il suffit que la machine en tournant autour du point o, et le bogie, en tournant autour du point c, tendent à écarter le point C de la même quantité en dehors de la courbe moyenne de la voie ; cette condition est réalisée quand la distance x du point K à l'essieu accouplé le plus proche satisfait à l'équation suivante :

$$(d + x)\, x = (d'' + d' - x)\,(d' - x),$$

Dans cette équation

d représente la distance des essieux accouplés ;

d' celle qui sépare le deuxième essieu du bogie du premier essieu accouplé ;

d'' celle des essieux du bogie ;

On en tire

$$x = \frac{d'\,(d' + d'')}{d + 2d' + d''}.$$

L'avant-train mobile peut n'avoir qu'un seul essieu ; on a dans ce cas :

$$d'' = o,$$

et

$$x = \frac{d'^2}{d + 2d'}.$$

Si, en outre, il n'y a qu'un seul essieu fixé au châssis, il faut prendre $d = 0$; et l'on a :

$$x = \frac{d'}{2}.$$

Il n'est pas toujours possible de placer l'articulation K dans la position que lui assigne la théorie; mais on peut s'en dispenser, à la condition de donner au système la faculté de pivoter, non seulement autour d'un point K extérieur à l'avant-train, mais encore autour d'une autre cheville ouvrière c, placée en son centre de figure. Les deux chevilles c et K sont reliées entre elles par une bielle; on dit alors que le *Bissel* est *à double articulation*.

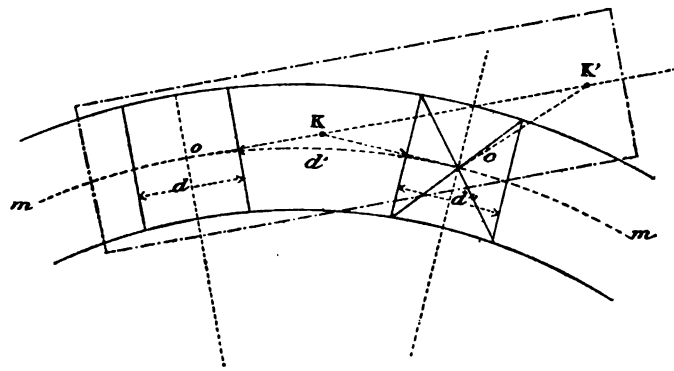


Fig. 604.

Le point K peut être placé, comme l'indique la figure 604, en avant ou en arrière du point c, et à une distance arbitraire de ce point; il faut seulement que la longueur de la bielle cK soit suffisante pour limiter ses obliquités par rapport à l'axe longitudinal. En général, il vaut mieux placer le point K en avant, pour que le bogie soit tiré, et non poussé, par le bras du Bissel; cette position est plus favorable à la stabilité.

Les machines à Bissel sont très répandues aux États-Unis, où l'on emploie très souvent le Bissel à un seul essieu placé à l'avant ou à l'arrière et même quelquefois aux deux bouts de la machine. Le train mobile y est, dans ce cas, fort peu chargé et sa fonction est principalement de servir de guide, comme la roue directrice de certaines machines routières; l'expérience prouve que l'addition d'un Bissel à un essieu, à l'avant d'une locomotive, améliore beaucoup son allure dans les courbes de faible rayon et qu'elle ménage beaucoup les boudins des roues antérieures, en préparant leur déviation à l'entrée des courbes.

Le Bissel à un seul essieu s'est également développé en Europe; on le trouve aussi en France à l'arrière des machines-tenders destinées à faire le service sur des lignes très sinueuses. Nous en verrons aussi des exemples sur les machines des lignes à voie étroite.

Ajoutons que l'articulation de Bissel s'applique aux wagons comme aux locomotives et qu'elle est, ainsi que nous l'avons vu, la plus simple et la meilleure des dispositions adoptées en vue de faciliter le passage du matériel de transport dans les courbes.

La locomotive articulée, système Mallet, déjà plusieurs fois signalée fournit un exemple de machine avec Bissel à l'avant, puisque la cheville ouvrière autour de laquelle tourne son bogie se trouve placé en arrière et à peu près au centre de la locomotive.

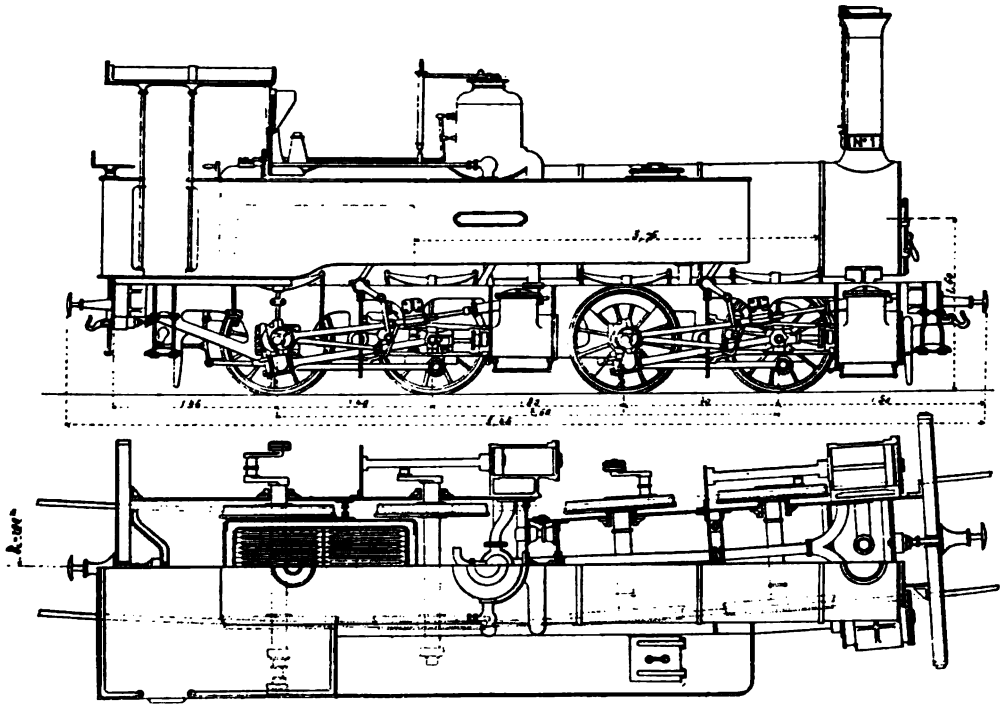


Fig. 605. — Locomotive compound Mallet, articulée, à quatre cylindres pour les chemins de fer de la Corse, à voie de 1 mètre.

La figure 605, empruntée à M. Sauvage, représente le type de locomotive établi pour les chemins de fer de Corse, à voie de 1 mètre, avec commande séparée des deux groupes d'essieux, suivant la disposition compound à quatre cylindres de M. Mallet, disposition qui, comme nous l'avons vu, s'applique identiquement à la voie normale et a donné naissance aux deux types de locomotive les plus puissants qui aient été construits jusqu'à ce jour.

Essieux à boîtes radiales. — La facilité d'inscription en courbe, qu'on obtient dans le cas d'un Bissel à un seul essieu mobile autour d'un axe K fixé au châssis de la machine, peut être réalisée également en donnant aux

boîtes à graisse de cet essieu un certain jeu ; les faces de ces boîtes mobiles sont alors courbes et ces faces, ainsi que celles de leurs guides fixes, appartiennent à une même surface cylindrique, décrite autour d'un axe vertical passant précisément par le point K. Les chandelles des ressorts s'appuient sur le dos de ces boîtes au moyen des plans inclinés qui servent à régler le jeu. Cette disposition est connue sous le nom d'essieu à *boîtes radiales d'Adams* ou de *Riener*.

On voit que ce système n'est autre chose qu'un Bissel à deux roues dont l'articulation K n'existe que virtuellement ; le point K peut donc toujours être placé dans la position que lui assigne la théorie.

Les boîtes radiales sont très usitées en Angleterre, où il en existe de différents systèmes ; en France, la compagnie du Nord emploie les boîtes du système E. Roy, dans lesquelles c'est le coussinet qui pivote dans une boîte à faces planes et obliques par rapport à l'axe de l'essieu[1].

[1] Consulter l'article *Bogies, Bissels et Boîtes radiales*, par M. G. Richard, dans la *Revue générale des Chemins de fer* (août 1881).

CHAPITRE IV

LE TENDER. — CONDUITE DES LOCOMOTIVES

§ 1er. — Disposition générale du tender. — Attelage du tender et de la locomotive.

§ 2. — Conduite des locomotives. — Personnel de conduite. — Equipe simple ou multiple. — Consommation des machines.

§ 1er. — Le tender.

Les locomotives sont habituellement suivies d'un véhicule spécial, appelé *tender*, qui porte leur approvisionnement d'eau et de charbon, ainsi que les outils et les matières à graisser.

Dans les machines dites *machines-tenders*, spécialement destinées soit aux manœuvres de gares, soit au service des trains de banlieue, c'est la locomotive qui porte elle-même tout ce qui est nécessaire à son service et à son alimentation. Nous avons vu qu'il en est de même pour certaines grosses machines qui sont destinées à remorquer de lourdes charges sur des lignes à fortes rampes.

Le tender est un véhicule fort simple, composé d'un châssis, entièrement en fer, monté sur deux ou trois paires de roues et supportant une caisse en tôle, ordinairement en forme de fer à cheval, qui contient l'eau ; le combustible est accumulé à portée du chauffeur entre les branches du fer à cheval. Le tender est toujours muni d'un frein complet.

Nous représentons (fig. 606 et 607) deux types de tenders français à quatre et à six roues ; la figure 608 donne la disposition d'un tender américain monté sur deux bogies.

La capacité des tenders a beaucoup augmenté depuis l'origine des chemins de fer, en même temps que la puissance des machines et la longueur des trajets qu'elles parcourent sans s'arrêter. Les caisses à eau contenant 8 à 10 mètres cubes sont aujourd'hui fréquentes ; il y en a qui contiennent jusqu'à 15, 16 et même 20 mètres cubes, pour les machines à grande vitesse.

Quant à la quantité de combustible portée par le tender, elle est toujours supérieure à celle qui correspondrait, comme consommation, à la quantité d'eau, parce que les points de ravitaillement de combustible sont habituelle-

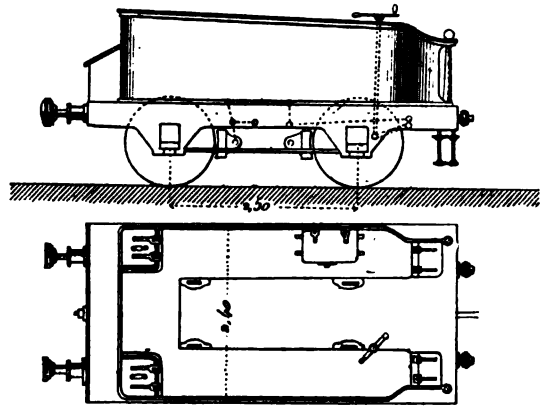


Fig. 606. — Tender construit pour les machines Crampton du Nord. — Echelle 1/100.

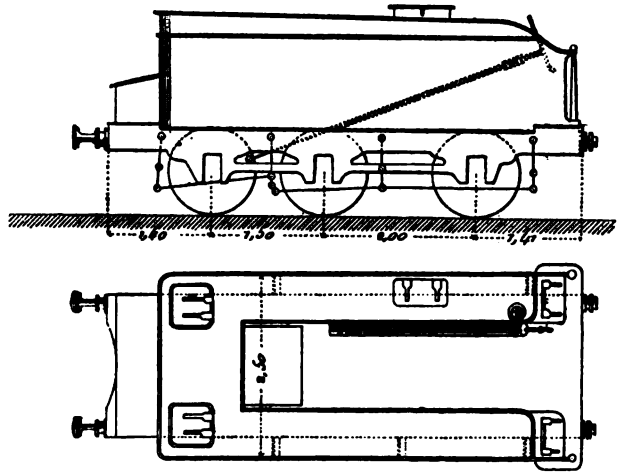


Fig. 607. — Tender construit en 1864 pour les machines à 8 roues couplées du chemin de fer du Midi. — Echelle 1/100.

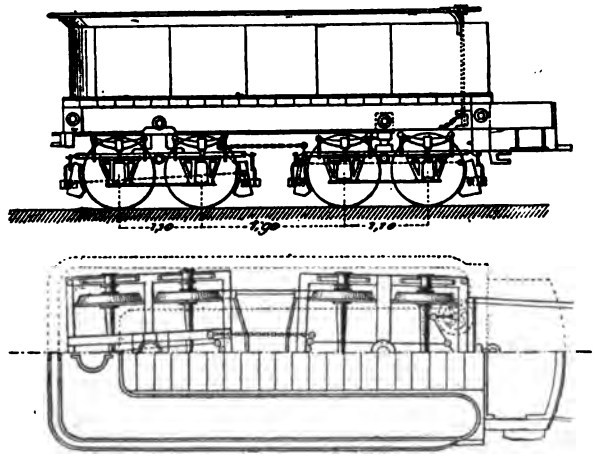


Fig. 608. — Tender américain. — Echelle 1/100.

ment plus espacés sur les lignes que les prises d'eau. Cette quantité varie de 3 000 à 6 000 kilogrammes.

L'attelage de la machine avec le tender s'est fait pendant longtemps au moyen d'une forte barre de fer rond, appelée *barre d'attelage*, fixée au tender par une de ses extrémités et dont l'autre extrémité, s'introduisant dans la traverse d'arrière de la machine, recevait une cheville également en fer, qui suffisait à assurer la réunion des deux véhicules. Mais ce mode d'attelage exigeait, pour mettre les tampons en pression, des dispositions un peu compliquées. On le remplace souvent aujourd'hui par un tendeur à vis, analogue à celui des wagons. La figure 609 représente la traverse d'arrière d'une machine disposée pour ce mode d'attelage.

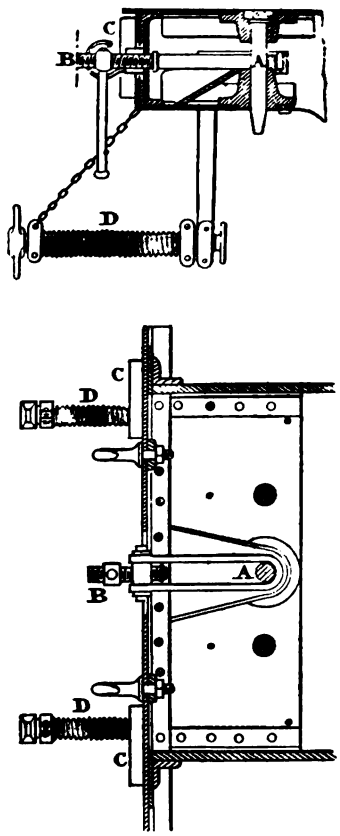


Fig. 609. — Attelage de la machine et du tender.

La traverse a la forme d'une poutre creuse en tôle ; la cheville en fer, A, passe dans la manille du tendeur à vis B, qui se manœuvre, soit par un levier ordinaire, soit par un levier à cliquet. Les tampons du tender s'appuient sur deux tampons secs, C C, en bois ou en fer ; de chaque côté de l'attelage proprement dit se trouve un crochet pour chaîne de sûreté. Le tuyau d'aspiration de la pompe alimentaire ou du Giffard se termine par une partie flexible en cuir ou en caoutchouc, dont l'extrémité s'assemble avec un bout de tuyau correspondant, qui part du fond de la caisse à eau du tender. Un petit tablier en tôle à charnière couvre l'intervalle qui existe entre la plate-forme de la machine et celle du tender.

Le poids des tenders varie suivant l'importance des approvisionnements qu'ils contiennent et le nombre de leurs essieux. Les tenders à quatre roues ne pèsent guère moins de 16 tonnes en charge; la compagnie P.-L.-M. a construit pour ses machines à grande vitesse des tenders à six roues portant 16 mètres cubes d'eau et 3000 kilogrammes de charbon ; ils pèsent 36 000 kilogrammes en pleine charge.

Le réseau de l'État emploie depuis plusieurs années des tenders portés par deux bogies qui contiennent 20 mètres cubes d'eau, et 8 000 kilogrammes de charbon ; ils pèsent 49500 kilogrammes en charge.

En Amérique, on est arrivé à avoir des tenders qui contiennent jusqu'à

30 mètres cubes d'eau, 10 tonnes de charbon et qui pèsent en charge 70 à 75 tonnes.

§ 2. — CONDUITE DES LOCOMOTIVES

Aux termes de l'article 17 de l'ordonnance du 15 novembre 1846, modifiée par décret du 1er mars 1901, tout train doit être accompagné d'un mécanicien et d'un chauffeur par machine, et le chauffeur doit être capable d'arrêter la machine, de l'alimenter et de manœuvrer les freins.

Exception est faite (art. 18) en ce qui concerne les trains *légers* dont la mise en marche sera autorisée par le ministre des Travaux publics ; pour ces trains, le personnel de conduite de la machine peut être réduit à un seul agent, sous réserve que le conducteur chef de train se trouve habituellement, soit sur la machine, soit sur le premier véhicule et qu'il puisse dans tous les cas accéder facilement à la machine et être en état de l'arrêter en cas de besoin.

Un arrêté du ministre des Travaux publics du 3 mai 1892 a déterminé les conditions que doivent remplir les candidats aux emplois de mécanicien et de chauffeur, ainsi que celles de l'examen technique qu'ils doivent subir et des essais pratiques auxquels ils doivent être soumis.

Le mécanicien et le chauffeur forment ce qu'on appelle l'*équipe* de la machine ; le premier s'occupe spécialement de la conduite de la locomotive, ainsi que de l'observation des signaux; le second est chargé de l'entretien du feu et de l'alimentation, il doit également observer les signaux lorsque cela est nécessaire.

L'Article premier du règlement général n° 6 des chemins de fer de l'État fixe ainsi qu'il suit les attributions des mécaniciens et chauffeurs :

Les mécaniciens sont chargés de la conduite et de l'entretien des machines qui leur sont confiées. Ils doivent assurer, en ce qui les concerne, la marche régulière des trains.

Les chauffeurs sont spécialement chargés de l'alimentation du foyer, de la manœuvre du frein du tender et du nettoyage de la machine. Ils sont placés sous les ordres immédiats des mécaniciens.

Dans certains cas, des machines isolées circulent sur la voie sans être accompagnés d'un agent de l'exploitation; le mécanicien assume alors la même responsabilité qu'un chef de train au point de vue de la sécurité de la circulation, et doit prendre toutes les mesures de sûreté prescrites aux conducteurs. Il doit prendre les mêmes mesures pour la protection des trains, en l'absence des conducteurs.

Les mécaniciens et les chauffeurs sont responsables de tous les faits de leur service.

En outre, l'article 39 du même règlement stipule ce qui suit :

Pendant la marche, les mécaniciens doivent veiller attentivement aux signaux qui peuvent leur être faits et se tenir toujours prêts à ralentir ou à arrêter, suivant les circonstances. Pendant les intervalles où le service de la machine ne permet pas aux mécaniciens de porter toute leur attention sur la voie, ils doivent se faire suppléer par les chauffeurs.

Équipe simple ou multiple. — On a beaucoup discuté et depuis fort

longtemps sur les avantages et les inconvénients des divers systèmes de l'équipe unique, de l'équipe double ou multiple et de l'équipe banale pour le service des locomotives.

Dans le premier système, une seule équipe est affectée à une même machine; on y trouve l'avantage d'une surveillance plus facile et de pouvoir rendre le mécanicien responsable des défauts d'entretien qui peuvent être constatés. Mais ce système n'est pas toujours applicable, notamment lorsque le service intensif de l'exploitation exige la mise en marche d'un grand nombre de trains et l'utilisation des machines pendant une période de temps trop longue pour les hommes qui sont chargés de les conduire. Il faut alors avoir recours au système de la double équipe, dans lequel une locomotive est conduite alternativement par deux équipes, toujours les mêmes, ce qui permet une utilisation meilleure du matériel de traction, ou encore à celui des équipes banales, dit aussi de la banalité, dans lequel les locomotives sont conduites par n'importe quelle équipe suivant les besoins du service. Ce dernier système est celui qui utilise le mieux le personnel et les machines; mais, d'autre part, c'est celui qui exige le plus de surveillance de l'état des machines et qui rend le plus difficilement effective la responsabilité des mécaniciens en cas d'avarie. Dans le système dit de l'équipe multiple, plusieurs combinaisons peuvent être envisagées : on peut faire desservir deux locomotives par trois équipes, ou bien affecter à une machine une seule équipe qui en est titulaire, et avoir en outre des équipes volantes qui prennent indistinctement toutes les machines.

Pendant fort longtemps les systèmes des équipes doubles, multiples ou banales, employées en Amérique, n'ont pas été admis en Europe, où l'on s'en tenait exclusivement à l'équipe simple. Mais depuis quelques années les idées se sont modifiées à cet égard, sous l'empire de la nécessité et des exigences de plus en plus grandes de l'exploitation des chemins de fer. Les équipes doubles ou multiples sont maintenant utilisées à peu près partout, en vue d'obtenir une utilisation plus complète des machines, ce qui est d'autant plus nécessaire aujourd'hui que dans la plupart des pays la réglementation du travail des agents tend à devenir plus étroite.

En dehors du système de la banalité complète, qui conduit toujours à une augmentation sensible de la dépense kilométrique de traction et qui ne doit, par suite, être employé qu'en cas de nécessité absolue, on recommande d'appliquer l'équipe simple de préférence au service des trains rapides et express, qui exige des machines parfaitement entretenues et bien connues de leur mécanicien, et d'avoir recours aux diverses combinaisons que peuvent permettre les équipes doubles ou multiples pour les divers autres services des trains.

Le Congrès international des chemins de fer, qui a examiné cette question

dans sa session de Washington (1905), a adopté à cet égard les conclusions suivantes :

« Le Congrès constate qu'en Europe et dans les pays autres que l'Amérique du Nord, le sentiment général est très favorable au système de l'équipe simple et défavorable à la banalité, qui n'est guère employée que lorsqu'on est forcé de le faire par une augmentation subite du trafic. Toutefois on a recours, pour certains services qui s'y prêtent plus particulièrement, à des combinaisons diverses d'équipes doubles ou multiples, ou à l'emploi d'équipes auxiliaires intercalées.

« Dans l'Amérique du Nord, l'emploi de la banalité est, au contraire, assez répandu, bien qu'elle soit peu employée pour le service des trains de voyageurs et qu'une tendance favorable à l'emploi de l'équipe simple paraisse s'y manifester d'une manière assez générale.

« Il y a lieu, d'ailleurs, de remarquer que l'organisation des services de traction dépend, dans une large mesure, des conditions locales [1]. »

Consommation des machines. — La consommation des machines en eau et en charbon varie suivant les types et suivant les conditions du travail effectué.

Ainsi que nous l'avons vu, on peut admettre que les locomotives à simple expansion consomment en moyenne 13 kilogrammes de vapeur par cheval indiqué et par heure; pour les machines compound, cette consommation se réduit à 10,5 kg. Pour les machines à vapeur surchauffée elle paraît être encore plus faible et pouvoir être évaluée à 9,5 kg. ; toutefois ce dernier chiffre n'est donné que sous réserve, en raison de l'incertitude qui pèse encore sur les résultats obtenus par l'emploi de la surchauffe.

Si l'on tient compte des pertes inévitables, évaluées à 4 p. 100 environ, la consommation d'eau ressort ainsi à 13,5 kg. par cheval et par heure pour les machines à simple expansion et à 11 kilogrammes pour les machines compound.

Quant à la consommation de charbon, on admet qu'elle est environ le 1/8 de la consommation d'eau, si le combustible est de bonne qualité et de 1/6, s'il est de qualité ordinaire.

La consommation de charbon varie donc, d'après ces bases, de 1,7 kg. à 2,25 kg. par cheval-heure pour les machines à simple expansion et de 1,4 kg. à 1,83 kg. pour les machines compound.

La consommation moyenne des locomotives en charbon varie, suivant les types et la charge remorquée, entre 8 et 25 kilogrammes par kilomètre [2].

[1] *Bulletin du Congrès*. Juillet 1906. On consultera avec fruit les rapports rédigés sur cette question et insérés au Bulletin (Juillet et octobre 1904, janvier 1905).

[2] D'après les documents statistiques du ministère des Travaux publics pour 1904, la consommation moyenne des machines des chemins de fer d'intérêt général, par kilomètre parcouru, a été de 12,5 kg. de combustible, 114 litres d'eau et 22 grammes de graisse ou huile.

CHAPITRE V

DESCRIPTION DE QUELQUES TYPES DE MACHINES

§ 1er. — Machines à deux essieux accouplés. — Machine express de la compagnie de l'Ouest. — Machine express avec bogie à l'avant de la compagnie du Nord. — Machines compound à deux essieux accouplés, avec bogie à l'avant. — Machine de l'Est. — Machine américaine des chemins de fer de l'État. — Machine compound grande vitesse à quatre essieux, dont deux accouplés, de la compagnie P.-L.-M. — Machines du type *Atlantic*.

§ 2. — Machines à trois essieux accouplés. — Machine, type du Bourbonnais, de la compagnie P.-L.-M. — Machines à trois essieux accouplés avec bogie à l'avant.

3. — Machines à quatre essieux accouplés. — Machines du réseau de l'État. — Machines compound de la compagnie P.-L.-M. — Machine *Consolidation* de la compagnie du Midi. — Autres types de machines.

§ 4. — Voitures automotrices. Leur emploi sur les chemins de fer.

Pour terminer cette étude de la locomotive, nous donnons dans le présent chapitre la description sommaire de quelques types de machines, actuellement employées sur les chemins de fer, de manière à préciser par des exemples les notions générales qui ont été exposées dans les chapitres précédents [1].

Si l'on fait abstraction des machines à roues indépendantes, à peu près abandonnées aujourd'hui à cause de leur faible adhérence, on constate que la traction des trains est faite, sur les réseaux français, par des machines qu'on peut diviser de la manière suivante :

1° Machines à deux essieux accouplés, faisant le service des trains express sur les grandes lignes à faibles rampes, et celui des trains ordinaires de voyageurs sur les lignes secondaires à rampes plus élevées.

Les unes, employées à peu près sur tous les réseaux, sont à trois essieux, dont un porteur à l'avant et deux essieux accouplés à l'arrière.

Les autres, utilisées surtout par les compagnies d'Orléans et P.-L.-M. et sur le réseau de l'État, ont un quatrième essieu à petites roues porteuses, placé à l'arrière sous le foyer.

[1] Comme nous l'avons déjà fait remarquer, on trouvera dans le *Traité pratique de la machine locomotive*, de M. Demoulin, et dans son supplément *La locomotive actuelle* les renseignements les plus complets sur les divers types de locomotives en usage en France et à l'étranger.

Le premier type, dans lequel l'essieu porteur d'avant est remplacé par un bogie, conduit aux machines d'express, adoptées d'abord par les Compagnies du Nord et de l'Ouest, et employées maintenant par tous les réseaux.

Le second type a conduit, par une tranformation semblable, aux puissantes locomotives à grande vitesse (type *Atlantic* des Américains), aujourd'hui utilisées sur divers réseaux en France et à l'étranger pour la traction des trains rapides.

2° Machines à trois essieux accouplés. Dans cette catégorie rentrent, d'une part, les machines à marchandises portées par trois essieux seulement, tous trois accouplés et d'autre part, un type de locomotive, employé depuis longtemps en Amérique et qui se répand de plus en plus en Europe depuis quelques années. Il comporte trois essieux accouplés et un bogie à l'avant, et peut, en raison de son grand poids adhérent et de sa puissance de vaporisation, être utilisé pour les services les plus divers, depuis la traction des trains de marchandises les plus lourds jusqu'à celle des trains express ou rapides.

En adjoignant à ces machines un essieu porteur à l'arrière, on obtient la machine du type Pacific, également employée en Amérique et qui commence à se répandre en France.

3° Machines à quatre essieux accouplés, employées pour la traction des trains de marchandises et le service sur les lignes à fortes rampes ; quelques-unes de ces machines ont en outre à l'avant un essieu porteur à articulation de bissel, ou un bogie.

On emploie également des machines à cinq essieux accouplés, mais elles sont assez peu répandues.

Nous examinerons sommairement les dispositions caractéristiques de quelques-uns de ces types de machines, renvoyant le lecteur, désireux d'en faire un examen plus détaillé, aux traités spéciaux et notamment au traité de M. Demoulin.

§ 1er. — MACHINES A DEUX ESSIEUX ACCOUPLÉS

MACHINE EXPRESS A TROIS ESSIEUX, DONT DEUX ACCOUPLÉS, DE LA COMPAGNIE DE L'OUEST. — Les figures 610 à 616 représentent les dispositions d'une de ces machines, qui constitue la dernière transformation, comme machine à simple expansion, du type à deux essieux accouplés pour trains express, employé depuis longtemps par la compagnie de l'Ouest.

Son type de 1855, à roues de 1,91 m. de diamètre, a été reproduit presque sans changement jusque vers 1874. A cette époque, une augmentation de puissance a été obtenue en prolongeant le foyer au-dessus de l'essieu

MACHINE EXPRESS A TROIS ESSIEUX, DONT DEUX ACCOUPLÉS (Compagnie de l'Ouest).

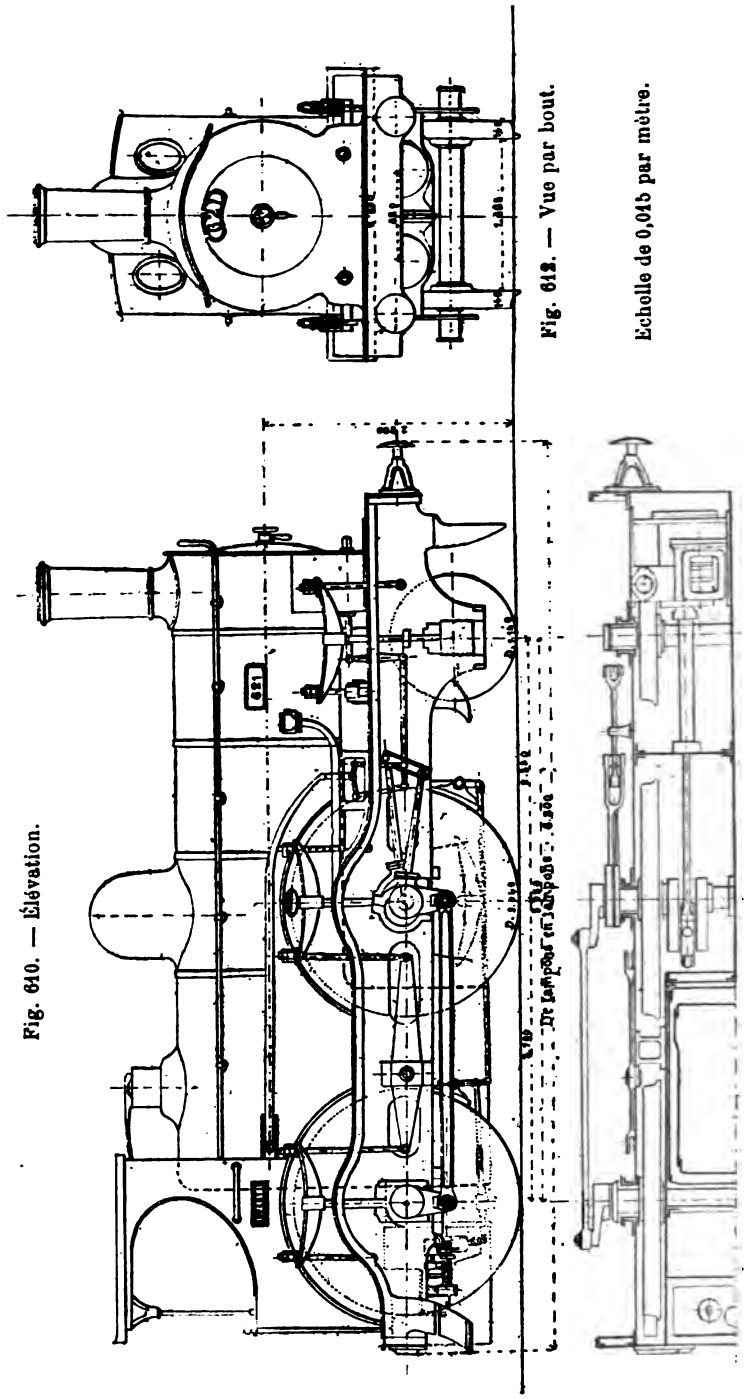


Fig. 610. — Élévation.

Fig. 612. — Vue par bout.

Echelle de 0,016 par mètre.

Fig. 611. — Plan.

d'arrière. Ce modèle a été légèrement modifié en 1880 ; le diamètre des roues notamment, a été porté de 1,94 m. à 2,04 m., les cylindres et la chaudière ont été augmentés.

La compagnie a pensé réaliser de meilleures conditions de fonctionnement si elle pouvait obtenir les avantages d'un foyer profond, sans avoir l'inconvénient de le placer en porte-à-faux, tout en évitant un quatrième essieu. C'est dans ce but qu'a été étudié le nouveau type, dans lequel les essieux accouplés sont écartés de 2,70 m. de manière à permettre au foyer de descendre dans l'intervalle compris entre eux.

Chaudière. — La chaudière, timbrée à 10 kilogrammes, est en tôle de fer. Le foyer est en cuivre.

Les tubes, de 45 millimètres de diamètre extérieur, sont en laiton, et au nombre de 223. Ils ont 3,20 m. de longueur.

La grille, légèrement inclinée, possède un jette-feu à vis manœuvré par le mécanicien. Les barreaux en fer, de section trapézoïdale, sont assemblés par paquets de trois ; ils ont en haut une épaisseur de 10 millimètres ; l'intervalle pour le passage de l'air entre les barreaux est de 6 millimètres.

Une voûte en briques est installée dans le foyer, immédiatement au-dessous de la plaque tubulaire, afin d'empêcher que le tirage entraîne dans le faisceau des tubes une partie des gaz du foyer avant leur combustion complète. Elle occupe la moitié environ de la longueur du foyer ; elle est en briques crues de kaolin.

Mécanisme (fig. 613). — Les cylindres sont intérieurs avec tiroirs en dessus ; le mécanisme de distribution est extérieur.

Le piston du modèle dit *Suédois*, est en acier forgé, avec segments en fonte. La tige est en acier et vissée sur le corps du piston.

La tige et la crosse du piston sont assemblées au moyen d'un emmanchement à coin sans clavette.

Les excentriques, dont les colliers sont en bronze, agissent sur une coulisse rectiligne d'Allan à deux flaques, commandant le tiroir par l'intermédiaire d'un arbre de renvoi.

Le changement de marche est actionné par une vis et un volant.

Les bielles motrices sont évidées.

Les bielles d'accouplement, à tête ronde, sont également évidées ; elles sont en acier doux (fig. 614, 615 et 616).

Châssis, suspension, roues. — Le châssis est composé de deux grands longerons en tôle d'acier de 26 millimètres d'épaisseur ; un troisième longeron, placé au centre du châssis, s'assemble à l'avant avec les cylindres et s'attache à l'arrière à une entretoise transversale, fixée à deux longerons addition-

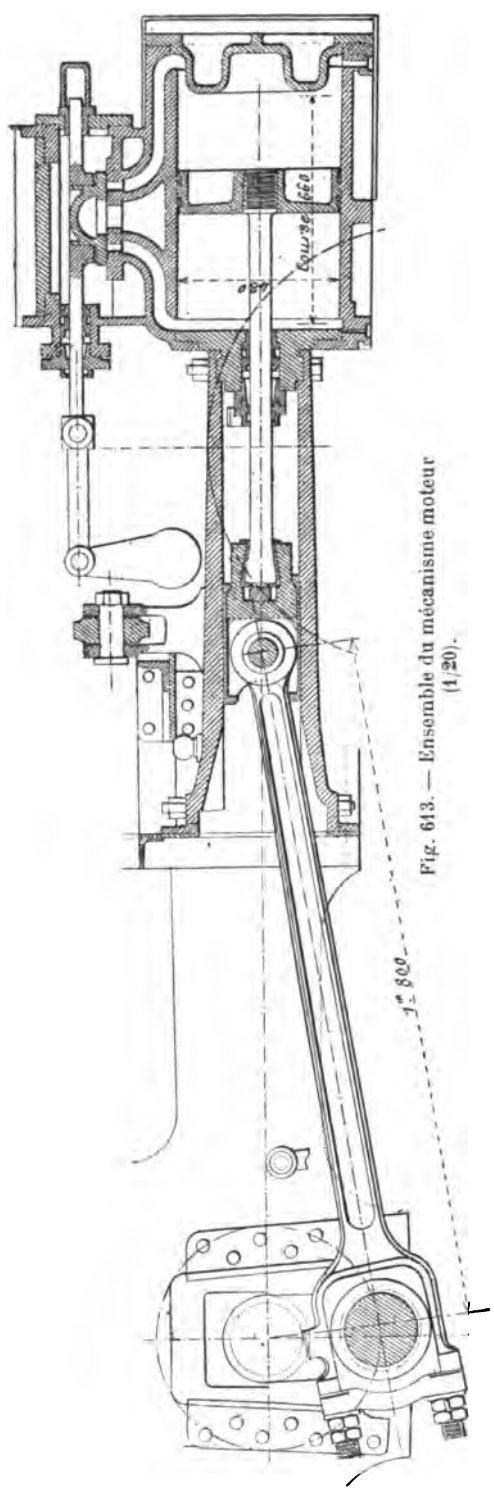


Fig. 613. — Ensemble du mécanisme moteur (1/20).

Fig. 616. — Bielle d'accouplement (1/20).

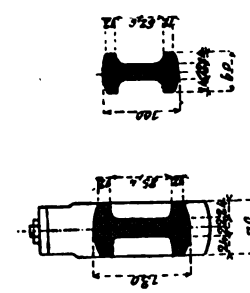


Fig. 614. Fig. 615.
Sections de la bielle d'accouplement (1/10).

nels supportant le foyer. Ces deux derniers sont réunis très solidement aux grands longerons par des supports en acier coulé.

La suspension se compose de ressorts extérieurs et d'un ressort placé au milieu de l'essieu coudé moteur. Ces ressorts sont en acier rainé.

Les ressorts d'avant sont réunis par un balancier transversal agissant sur leur extrémité arrière, de manière à répartir convenablement pendant la marche la charge sur chaque fusée. Les roues accouplées sont, en outre, munies de balanciers longitudinaux reliant les ressorts du milieu et d'arrière.

Les essieux sont en acier. L'essieu moteur est à double coude avec un boulon de consolidation en métal de qualité spéciale, placé dans l'axe du tourillon moteur.

Les boîtes à graissage sont munies de graisseurs sans mèches, destinés à supprimer complètement les consommations d'huile pendant les stationnements. A cet effet, le graisseur est muni de tubes capillaires, dans lesquels l'huile est entraînée seulement par le mouvement de la pièce à graisser.

Tous les coussinets sont en bronze. Ceux de l'essieu d'avant ont un déplacement libre de 0,002 m. de part et d'autre.

Alimentation. — L'alimentation est assurée par deux injecteurs Friedmann, dont les tuyaux dégorgeurs débouchent dans un entonnoir placé sous la vue du mécanicien. Un petit tuyau de cuivre, muni d'une lance, permet d'arroser le combustible placé sur le tender.

Appareils divers. — L'enveloppe de la boîte à feu a été prolongée jusqu'à l'avant et l'espace vide existant entre cette enveloppe et le corps cylindrique a été utilisé pour placer la sablière.

Un abri avec joues latérales protège le mécanicien et le chauffeur ; les verres des lunettes sont mobiles ; le mécanicien est monté sur une marche, de manière à ne pas gêner le chargement du feu.

La tuyère d'échappement est surmontée d'une couronne en bronze de 120 millimètres de diamètre, percée de trous, qui constitue le souffleur.

Freins. — Le frein est à quatre sabots en fonte (un sabot par roue motrice). Il est actionné par deux cylindres à air placés sous la traverse d'arrière et agissant sur les sabots au moyen de tringles. Sous cette même traverse se trouvent les réservoirs à air. La pompe à air est fixée à l'arrière, sur le couvre-roue de gauche.

La machine est munie d'un appareil spécial destiné à avertir le mécanicien du fonctionnement des appareils d'intercommunication du train.

Les principales conditions d'établissement de cette machine sont les suivantes :

Surface de grille		1,64 m²
Surface de chauffe	Foyer	9,60 —
	Tubes (à l'intérieur)	101 —
	Totale	110,60 —
Timbre de la chaudière		10 kg.
Diamètre des roues motrices (D)		2,04 m.
Diamètre des cylindres (d)		0,43 —
Course des pistons (l)		0,60 —
Poids de la machine à vide		35 500 kg.
Poids adhérent en charge		26 800 —
Poids total en charge		38 750 —
Efforts de traction moyen $\left(0,65 \times \frac{pd^2l}{D}\right)$		3 535 —
Adhérence (calculée au 1/6)		4 470 —

On déduit de ces chiffres les rapports suivants, qui peuvent servir à caractériser la machine au point de vue de la production et de l'utilisation de la vapeur :

Surface de chauffe réduite	39,93 m²
Rapport de la surface des tubes à la surface du foyer	10,5 —
Rapport de l'effort de traction à l'adhérence	0,79 —
Effort de traction par mètre carré de surface de chauffe réduite	88,5 kg.
Effort de traction par tonne du poids total	91 —
Poids de la machine en charge par mètre carré de surface de chauffe réduite	970 —

Ce type de machine, qui a suffi pendant longtemps à assurer le service des trains de vitesse sur la ligne de Paris à Rouen, qui ne comporte que des rampes très faibles (moins de 6 millimètres) et des courbes de plus de 1200 mètres de rayon, a dû être remplacé pour les trains rapides par des machines plus puissantes et plus lourdes ; c'est la machine actuelle à deux essieux accouplés avec bogie à l'avant.

Machine express, avec bogie a l'avant, de la compagnie du Nord. — Les machines express avec bogie à l'avant sont employées depuis 1876 par la compagnie du Nord.

Ces machines sont à cylindres intérieurs ; le châssis est double, c'est-à-dire formé de quatre longerons allant d'un bout à l'autre de la machine, les longerons extérieurs chargeant directement les essieux accouplés, les longerons intérieurs chargeant seulement l'essieu moteur et le bogie.

La chaudière, timbrée à 10 kilogrammes, est en tôle de fer. Le foyer est en cuivre, du système Belpaire, à ciel plat relié à celui de la boîte à feu par des entretoises verticales vissées dans les tôles par des écrous extérieurs. Les tubes sont en laiton.

La distribution est conduite par une coulisse de Stephenson à barres croisées.

Les essieux sont en acier. L'essieu coudé, chargé en quatre points, comporte quatre fusées : il a ses manivelles frettées.

Les roues du bogie ont 1,01 m. de diamètre : chacune d'elles a un ressort de suspension. La cheville ouvrière ne sert que d'axe de pivotement ; le poids de la machine est reporté sur l'entretoise médiane des longerons du bogie au moyen de deux boutons hémisphériques, placés de chaque côté, à égale distance du pivot. Ces boutons reposent sur des tasseaux en acier, qui ont un jeu de 25 millimètres environ dans la traverse du bogie.

L'écartement des essieux de l'avant-train est de 1,80 m. Celui des essieux accouplés, qui forme la base d'appui rigide de la machine, est de 2,50 m. Cette disposition permet d'aborder sans secousses de courbes de 400 mètres de rayon.

L'excellent service fait par ces machines depuis 1876 a conduit la compagnie du Nord à en établir une nouvelle, mais plus puissante, qu'elle a fait figurer en 1889 à l'Exposition universelle de Paris.

Dans cette nouvelle machine, le châssis est intérieur au lieu d'être double, ce qui conduit à une plus grande légèreté ; la chaudière est timbrée à 12 kilogrammes, et la distance entre les roues accouplées a été portée à 3 mètres, ce qui a permis de conserver à la grille une grande surface (plus de 2 m²), bien que le foyer plonge entre les deux essieux.

Les tubes ont été un peu allongés et le foyer approfondi, de manière à en augmenter la surface et à pouvoir y monter un bouilleur Ten Brinck. La surface de chauffe est ainsi augmentée d'un dixième.

On a également augmenté la capacité de la chaudière, en lui donnant la forme télescopique à rebours, c'est-à-dire en la formant de trois viroles de diamètre croissant de l'arrière à l'avant. Le diamètre de la virole d'arrière est, en effet, le seul qui soit limité par les grandes roues motrices et le coude de l'essieu ; le diamètre des deux autres peut être plus fort. On a ainsi obtenu une augmentation de volume de 430 litres, dont les 2/3 occupés par l'eau.

Pour donner aux cylindres un diamètre suffisant et rapprocher leurs axes autant que possible, on a placé les boîtes à vapeur à l'extérieur ; le mécanisme de distribution est resté à l'intérieur, et le mouvement est transmis aux tiroirs par l'intermédiaire d'un arbre de renvoi.

Nous résumons ci-dessous les principales conditions d'établissement de cette dernière machine, qui est représentée par les figures 617 et 618.

Surface de grille		2,044 m²
Surface de chauffe	Foyer	11 —
	Bouilleur Ten Brink	2,80 —
	Tube (à l'intérieur)	97 —
	Totale	110,80 —
Timbre de la chaudière		12 kg.
Diamètre des roues motrices (D)		2,13 m.

LOCOMOTIVE A BOGIE A L'AVANT POUR TRAINS EXPRESS (Compagnie du Nord).

Échelle de 0m,015 par mètre.

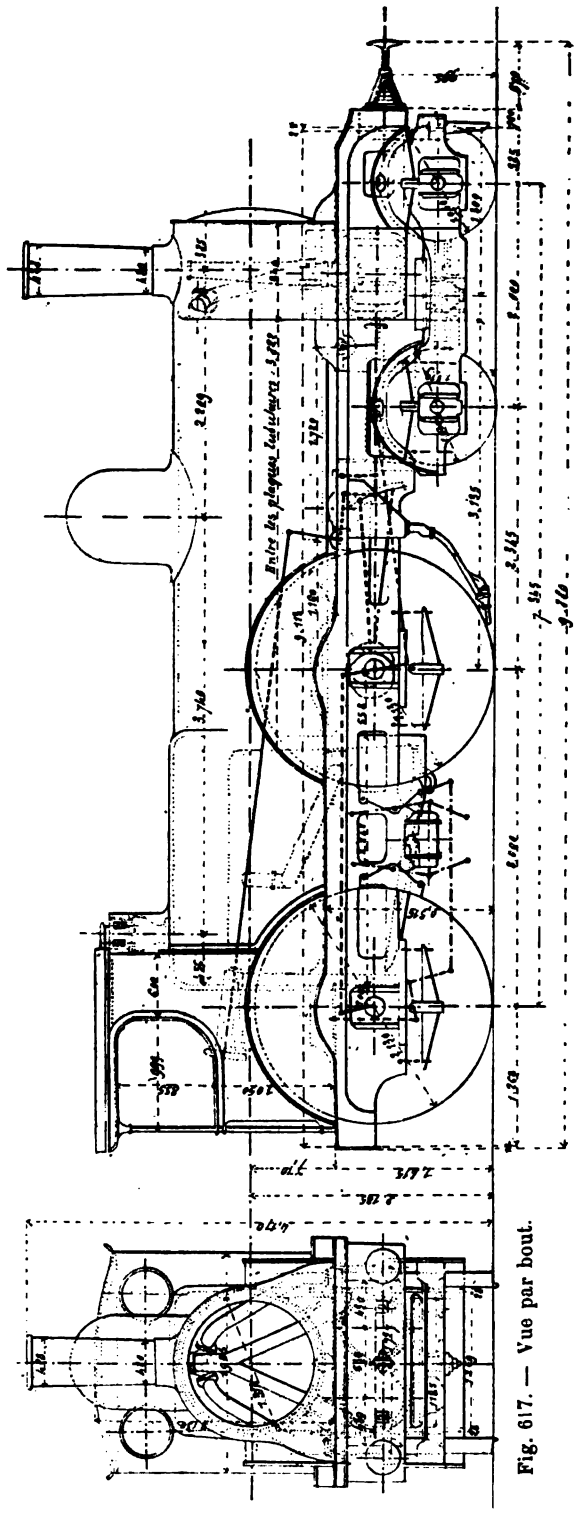


Fig. 617. — Vue par bout.

Fig. 618. — Élévation.

Diamètre des cylindres (d.)	0,48 m.
Courses des pistons (l)	0,60 —
Poids de la machine à vide	39 400 kg.
Poids adhérent en charge	26 900 —
Poids total en charge	43 200 —
Effort de traction. — $\left(0{,}65 \times \frac{pd^2l}{D}\right)$	5 060 —
Adhérence (calculée au 1/6)	4 480 —
Rapports caractéristiques. — Surface de chauffe réduite	46,13 m²
Rapport de la sufface des tubes à la surface du foyer	7 —
Rapport de l'effort à l'adhérence	1,13 —
Effort de traction par mètre carré de surface de chauffe réduite	109,7 kg.
Efforts de traction par tonne du poids total	117 —
Poids de la machine en charge par mètre carré de surface de chauffe réduite	936 —

Dans les essais qui ont été faits entre Creil et Paris avant la mise en service, cette machine, du poids de 70 tonnes avec son tender, remorquait un train de 190 tonnes et, en rampe de 5 millimètres sur 20 kilomètres, elle a facilement soutenu la vitesse de 72 kilomètres à l'heure. L'effort de traction, mesuré sur le crochet d'attelage du tender par un ressort dynamométrique, a varié entre 2300 et 2500 kilogrammes, ce qui correspond à un travail utile de 46 000 à 50 000 kilogrammètres par seconde. Pendant ce temps, la pression s'est facilement maintenue dans la chaudière au maximum de 12 kilogrammes par centimètre carré, l'alimentation étant d'ailleurs continue ; le niveau de l'eau n'a jamais varié.

Sur les pentes, avec le même train, la vitesse de la machine a facilement dépassé 100 kilomètres à l'heure.

Machines compound a deux essieux accouplés avec bogie a l'avant. — Ces machines, transformation dernière des types précédents, sont extrêmement répandues et employées sur la plupart des réseaux pour la remorque des trains express.

Elles présentent entre elles la plus grande analogie et ne diffèrent que par quelques détails de construction. Ce sont des machines compound à quatre cylindres; les deux cylindres HP, extérieurs et horizontaux, sont placés entre les roues arrière du bogie et le premier essieu moteur : ils commandent l'essieu d'arrière. Les cylindres BP, placés à l'intérieur et par le travers du bogie, commandent le premier essieu accouplé.

La figure 619 représente (d'après M. Demoulin) une machine de ce type. C'est une locomotive de la compagnie de l'Est (série 2409-2432) établie en vue de remorquer, à la vitesse moyenne de marche de 85 à 90 kilomètres à l'heure, des trains de 250 tonnes sur la ligne de Paris à Belfort, qui comporte de nombreuses rampes de 6 millimètres.

La chaudière, timbrée à 16 kilogrammes, est en acier et à foyer Belpaire. Les tubes, du type Serve, sont au nombre de 140 et ont 70 millimètres de diamètre.

Le mécanisme est disposé comme il l'est habituellement dans le type français des machines compound ; mais les manivelles des deux groupes de cylindres sont calées à 162°, pour faciliter le démarrage.

Les tiroirs sont plans et les distributions, du type Walschærts, sont indépendantes.

Cette machine est accompagnée d'un tender à six roues, portant 20 mètres cubes d'eau et 6 tonnes de combustible.

Nous résumons ci-après les principales conditions d'établissement des machines les plus récentes de ce type employées sur les réseaux de l'Est, de l'Ouest et du P.-L.-M.

	EST	OUEST	P.L.M.
Surface de grille	2,52 m²	2,40 m²	2,48 m²
Surface de chauffe	207,51	133,70	189,51
Timbre de la chaudière	16 kg.	14 kg.	15 kg.
Diamètre des roues motrices	2,05 m.	2,04 m.	2 m.
Diamètres des cylindres HP	0,35 m.	0,34	0,34
Diamètres des cylindres BP	0,55	0,53	0,54
Course des pistons HP	0,64	0,64	0,62
Course des pistons BP	0,66	0,64	0,62
Poids de la machine à vide	53 301 kg.	—	52 270 kg.
Poids adhérent en charge	34 000 kg.	32 400 kg.	34 400 —
Poids total en charge	58 270 kg.	51 300 kg.	56 300 —

Le réseau de l'Etat possède onze machines américaines du type à 2 essieux accouplés avec bogie à l'avant, construites en 1899 et 1900 par les ateliers Baldwin à Philadelphie. Les unes (série 2 800) sont compound à 4 cylindres, du système Vauclain, c'est-à-dire que les cylindres, extérieurs, sont superposés deux à deux de chaque côté de la machine et que la crosse du piston reçoit les deux tiges ; les autres (série 2 850) sont à simple expansion. Elles sont idendiques sur les autres points et toutes munies de tiroirs cylindriques. Voici les principales conditions d'établissement de ces machines. (La figure 620 représente l'une des machines de la série 2 800.)

Surface de la grille	2,38 m²
Surface de chauffe	158 —
Timbre de la chaudière	15 kg.
Diamètre des roues motrices	2,14 m.
Diamètre des cylindres (série 2800) HP	0,330 —
Diamètre des cylindres (série 2800) BP	0,558 —
Diamètre des cylindres (série 2 850)	0,438 —
Course commune des pistons (séries 2 800 et 2 850)	0,660 m.

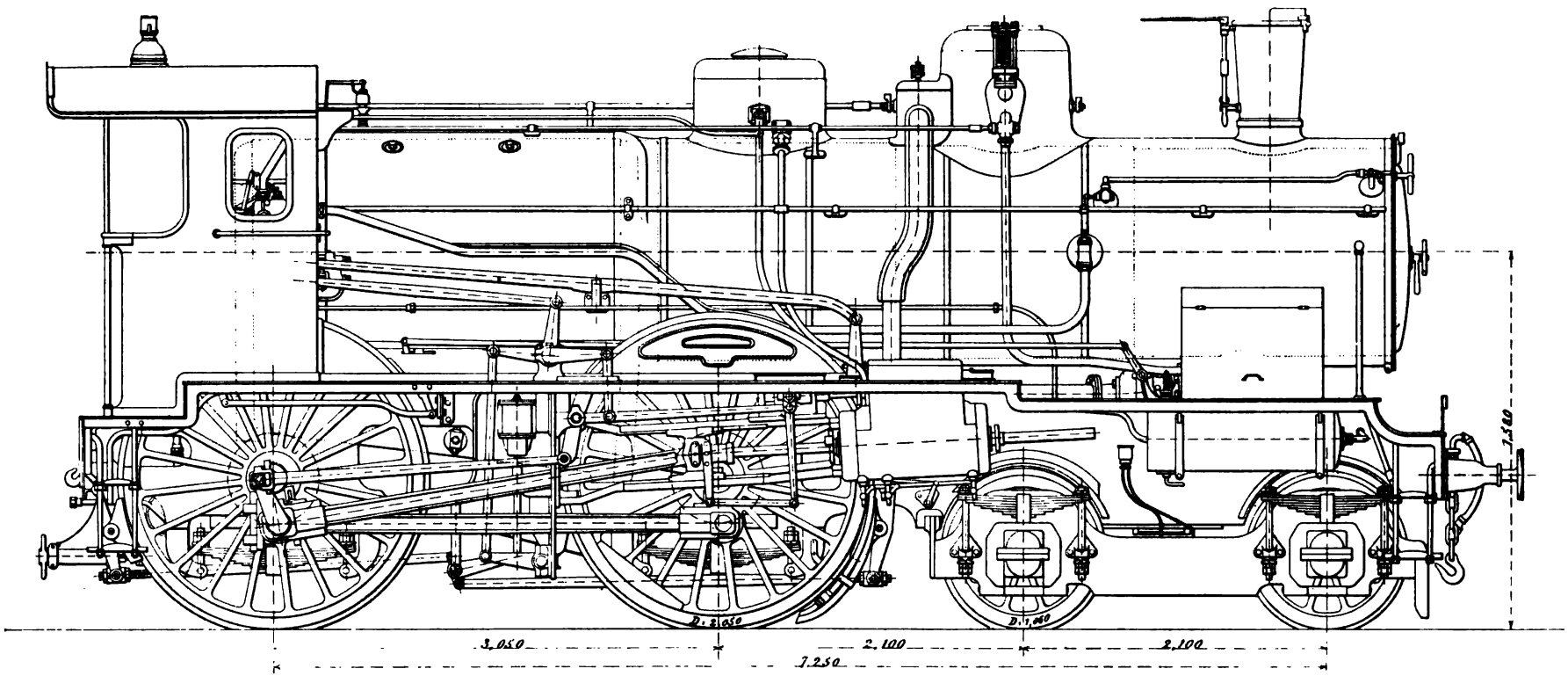


Fig. 619. — Machine à deux essieux accouplés et à bogie de la compagnie de l'Est (d'après M. Demoulin).

Le poids de ces machines est de 40 500 kilogrammes à vide et de 44 500 kilogrammes en pression.

La compagnie a fait construire dans ses ateliers en 1888 et elle a mis en service en 1889 un type nouveau dérivé du précédent, destiné à faire le même service que les machines 111-400 dont il diffère d'ailleurs le moins possible, et que représentent les figures 621 et 622.

Ce type est du système compound à quatre cylindres, deux intérieurs, agissant sur l'essieu accouplé d'avant, et deux extérieurs, actionnant l'essieu accouplé d'arrière. Le timbre de la chaudière est de 15 kilogrammes.

Le poids de la machine en charge est de 53,500 tonnes dont 29,600 tonnes sur les quatres roues accouplées.

Voici les principales conditions d'établissement de cette machine :

Surface de grille		2,34 m²
Surface de chauffe	Foyer	11,62 —
	Tubes (à l'intérieur)	107,68 —
	Totale	119,48
Timbre de la chaudière		15 kg.
Diamètre des roues motrices		2 m.
Diamètre des cylindres	HP	0,31 —
	BP	0,50 —
Course commune des pistons		0,62 —
Poids de la machine à vide		49 500 kg.
Poids adhérent		29 600 —
Poids de la machine en ordre de marche		53 500 —
Effort de traction a l'introduction maxima		4 342 —
Adhérence (calculée au 1/6)		4 933 —
Rapports caractérisiques. —	Surface de chauffe réduite	47,24 m²
— —	Rapport de la surface des tubes à la surface du foyer	9,3 —
— —	Rapport de l'effort de traction à l'adhérence	0,88 —
— —	Effort de traction par mètre carré de surface de chauffe réduite	91,9 kg.
— —	Effort de traction par tonne du poids total	81,15 kg.
— —	Poids de la machine en charge par mètre carré de surface de chauffe réduite	1 130 kg.

Les locomotives du type que nous venons de décrire, longtemps employées par les réseaux d'Orléans, de P.-L.-M. et de l'État, ne sont plus en grande faveur aujourd'hui. Le réseau P.-L.-M. renonçant à la modification qu'il avait primitivement envisagée, du type à simple expansion en type compound, a même transformé ses locomotives nos 111 à 400 en machines à deux essieux accouplés avec bogie à l'avant, en supprimant l'essieu porteur

LOCOMOTIVE COMPOUND A GRANDE VITESSE (Compagnie P.-L.-M.).

Échelle de 0m,015 par mètre.

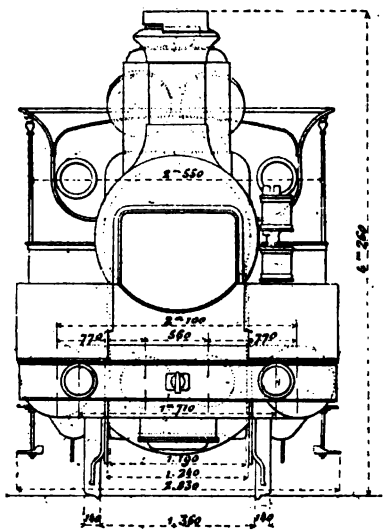


Fig. 621. — Vue par bout.

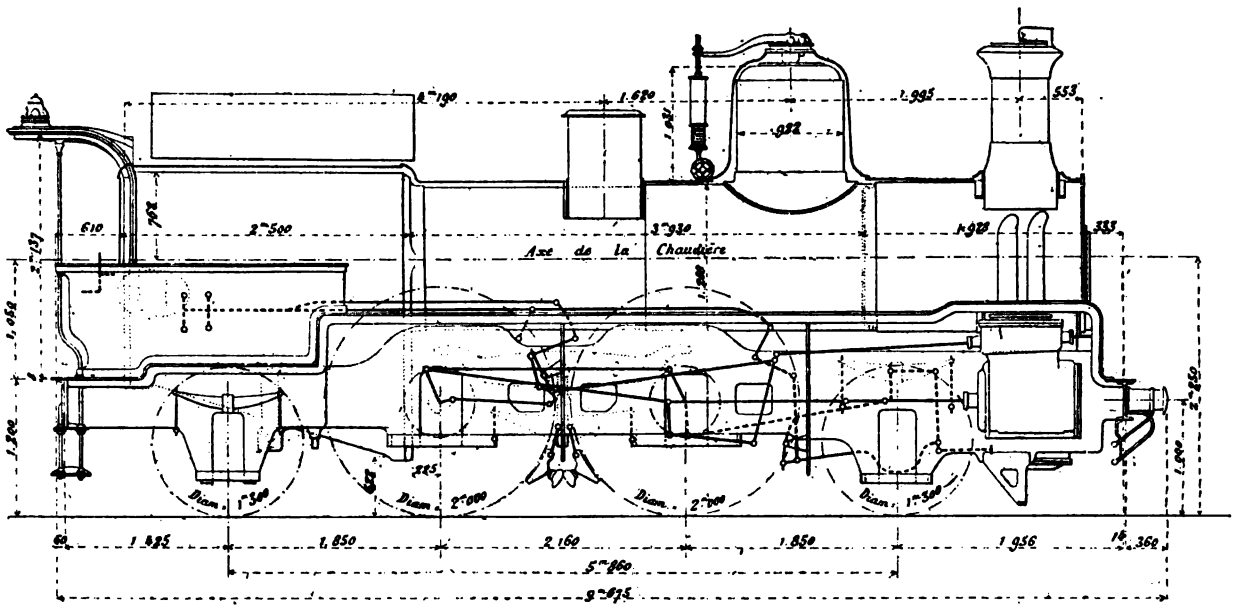


Fig. 622. — Élévation.

d'arrière. On trouvera le compte rendu de cette transformation dans la *Revue générale des Chemins de fer*, janvier 1904.

MACHINES A DEUX ESSIEUX ACCOUPLÉS, AVEC BOGIE A L'AVANT ET ESSIEU PORTEUR A L'ARRIÈRE (TYPE ATLANTIC). — Les machines de ce type sont actuellement employées en France sur les réseaux du Nord, de l'Est, de l'Orléans, du Midi, de P.-L.-M. (en construction) et de l'État. Les plus puissantes de ces machines sont celles du réseau d'Orléans, dont la surface de grille est de 3,10 m² et le poids total en charge de 73 tonnes, avec 36 tonnes de poids adhérent. Celles du réseau du Nord, qui sont les premières de ce type employées en France (1900), ont seulement 2,74 m² de surface de grille et 66 tonnes et demie de poids total avec 33 tonnes de poids adhérent.

La figure 623 représente les dispositions de ces machines (d'après M. Demoulin).

Les deux essieux accouplés sont placés sous le corps cylindrique et aussi rapprochés que possible (2,15 m.) ; l'essieu porteur est placé sur la partie arrière du foyer et le bogie situé assez loin du premier essieu moteur pour permettre d'installer horizontalement les cylindres HP à l'extérieur entre les deuxième et troisième roues.

Les cylindres BP, intérieurs, sont venus de fonte et placés côte à côte dans le plan médian du bogie.

Cette machine est accompagnée d'un tender à six roues portant 19 mètres cubes d'eau et 4 tonnes de combustible.

Nous donnons ci-après les principales conditions d'établissement des plus récentes machines de ce type employées en France sur les réseaux du Nord et de l'Orléans.

(Les machines de la compagnie du Midi offrent une grande analogie avec celles du Nord).

		NORD (série 2 640)	ORLÉANS (série 3 000)
Surface de grille		2,74 m²	3,10 m²
Surface de chauffe		215,96	239,40
Timbre de la chaudière		16 kg.	16 kg.
Diamètre des roues motrices		2,04 m.	2 m.
Diamètres des cylindres	HP	0,34	0,30
	BP	0,56	0,60
Course des pistons		0,64	0,64
Poids de la machine à vide		61 090 kg.	66 500 kg.
Poids adhérent		33 030 kg.	35 600 —
Poids total en service		66 500 kg.	72 900 —

Les machines Atlantic du Nord, brûlant un combustible de bonne qualité, remorquent facilement un train de 200 tonnes en rampe continue de 5 millimètres, à la vitesse de 100 kilomètres à l'heure, et un train de

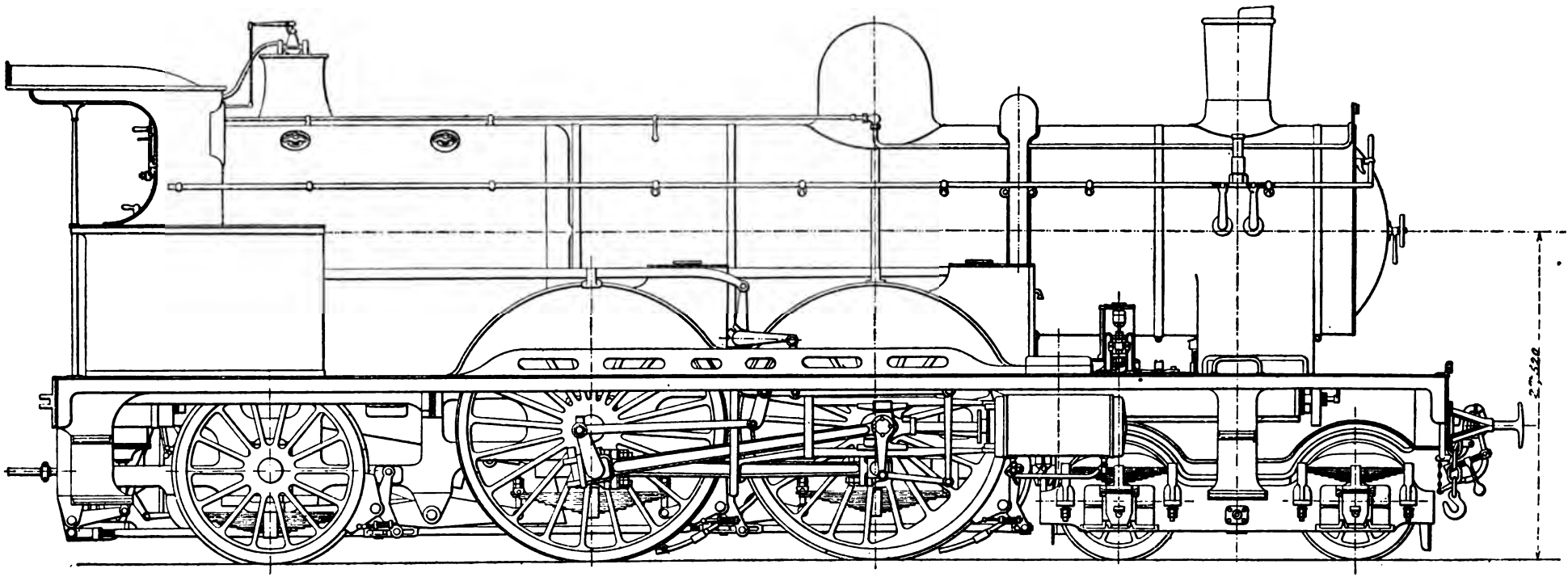


Fig. 623. — Machine Atlantic de la compagnie du Nord.

340 tonnes à vitesse moyenne à 90 kilomètres à l'heure sur la grande ligne comportant plusieurs rampes de 5 millimètres. Elles sont capables de produire, sans être forcées, un travail d'environ 1 500 chevaux indiqués [1].

Quant aux machines Atlantic de l'Orléans, mises en service en 1903 sur la ligne de Paris à Bordeaux, où elles sont affectées au service des trains rapides lancés à des vitesses nominales de 90 à 95 kilomètres à l'heure, elles remorquent facilement des trains de 300 à 350 tonnes, en brûlant un mélange, par moitié, de briquette et de gailletterie d'Aniche. Elles ont fourni, aux essais effectués, dans les conditions du service, entre Paris et Tours, un travail au crochet de traction de 458 à 760 chevaux, un travail à la jante (calculé) de 910 à 1300 chevaux et un travail indiqué sur les pistons de 1150 à 1890 chevaux [2].

Le réseau de l'État possède depuis 1905 des locomotives Atlantic (série 2 950) qui sont identiques à celles de l'Orléans (série 3 000). Il emploie également, depuis 1900, dix locomotives américaines à simple expansion (série 2 900) construites par les ateliers Baldwn. Ces machines, également du type Atlantic (fig. 624), ont une surface de grille de 3,25 m², la plus grande réalisée en France jusqu'à présent pour les locomotives à grande vitesse. Les tiroirs sont cylindriques.

Voici les principales conditions d'établissement de ces machines qui font le service des trains express et rapides, trains à une vitesse nominale de 85 à 90 kilomètres à l'heure :

Surface de grille	3,25 m²
Surface de chauffe	175,81 —
Timbre de la chaudière	15 kg.
Diamètre des roues motrices	2,14 m.
Diamètre des cylindres	0,438 m.
Course des pistons	0,660 —
Poids de la machine vide	58 900 kg.
Poids adhérent	34 000 —
Poids total en service	65 000 —
Effort maximum théorique de traction $\left(\frac{p\,d^2\,l}{D}\right)$	8 875 —

La compagnie P.-L.-M. possède dix machines semblables.

D'après les essais effectués en service en 1903 sur le réseau de l'État, la puissance normale moyenne de ces machines est de 900 chevaux, correspondant à une consommation moyenne de vapeur de 13, 44 k. par cheval et par heure. Le maximum de puissance constaté aux essais a été d'un peu plus de 1000 chevaux.

[1] M. Demoulin. *La locomotive actuelle.*

[2] *Ibid.*

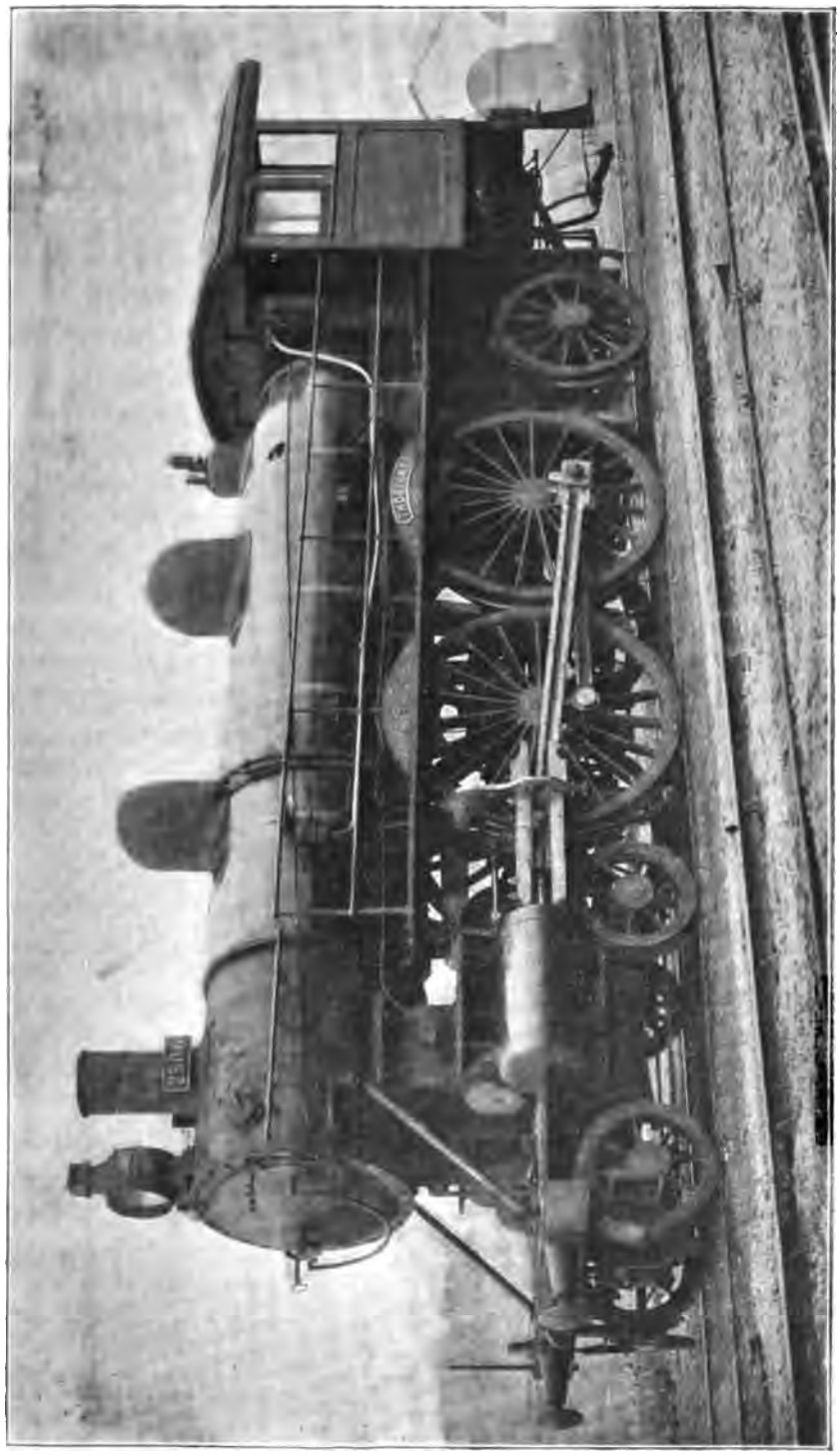


Fig. 624. — Locomotive Atlantic à simple expansion (série 2900) du réseau de l'Etat.

§ 2. — MACHINES A TROIS ESSIEUX ACCOUPLÉS

Cette catégorie de machines comprend le type classique et ancien des locomotives destinées à faire le service de presque tous les trains de marchandises et celui des trains de voyageurs sur les rampes un peu fortes.

MACHINES, TYPE DU BOURBONNAIS. — Nous avons déjà cité, comme spécimen de ces machines, la locomotive, dite du *Bourbonnais*, de la compagnie P.-L.-M., qui en a fait construire environ 950 semblables. Ce type, qui date de 1855, a été pendant longtemps très employé sur tous les réseaux, avec quelques différences de détail; il comporte des roues de 1,300 m. à 1,600 m., des cylindres extérieurs, un mécanisme de distribution intérieur, un foyer en porte-à-faux, une surface de grille de 1,30 m² à 1,34 m², une chaudière timbrée de 7 à 9 kilogrammes et un poids total en charge de 35 à 40 tonnes.

Voici les principales conditions d'établissement de la machine P.-L.-M. de ce type (fig. 625 et 626):

Surface de grille	1,34 m²
Surface de chauffe	115, 91 —
Timbre de la chaudière	9 kg.
Diamètre des roues motrices	1,30 m.
Diamètre des cylindres	0,45 —
Course des pistons	0,65 —
Poids à vide	29 940 kg.
Poids total adhérent	34 100 —
Effort de traction $\left(0{,}65 \times \frac{pd^2 l}{D}\right)$	5 922 —
Adhérence (calculée au 1/6)	5 670 —

RAPPORTS CARACTÉRISTIQUES. — Surface de chauffe réduite	41,25 m²
Rapport de la surface des tubes à la surface du foyer	15,2 —
Rapport de l'effort de traction de l'adhérence	1,04 —
Effort de traction par mètre carré de surface de chauffe réduite	143 k.
Effort de traction par tonne du poids total	173 —
Poids de la machine en charge par mètre carré de surface de chauffe réduite	726 —

La machine dont il s'agit peut faire le service des voyageurs sur les sections à rampes de 15 à 25 millimètres, et celui des marchandises sur les sections à rampes de 20 millimètres.

Voici le tableau des charges qu'elle traîne sur diverses rampes, à différentes vitesses.

LOCOMOTIVE A MARCHANDISES, TYPE DU BOURBONNAIS (Compagnie P.-L.-M.)

Échelle de 0m,015 par mètre.

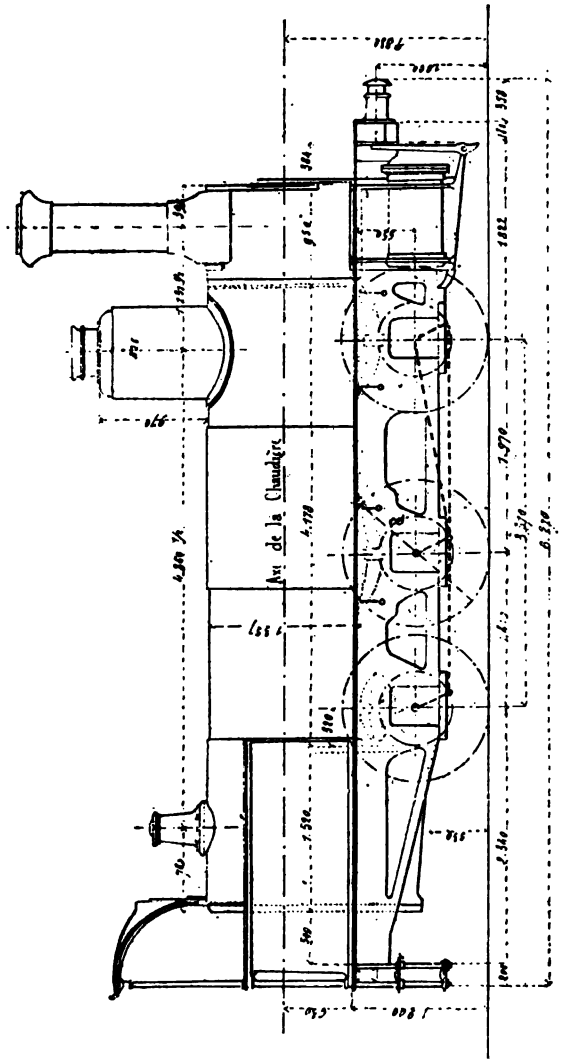


Fig. 626. — Élévation.

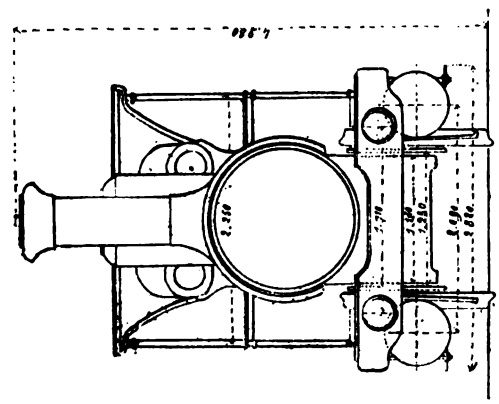


Fig. 625. — Vue par bout.

VITESSE	CHARGES EN TONNES REMORQUÉES SUR DES RAMPES DE				
	0 mm.	5 mm.	10 mm.	15 mm.	20 mm.
25 kilomètres à l'heure.	965	400	236	159	115
35 — —	675	306	185	114	88
45 — —	480	235	144	96	67

Ces machines qui sont simples et robustes, ont fait pendant longtemps un excellent service ; mais on a été conduit peu à peu à augmenter leur puissance qui était devenue insuffisante, par l'élévation du timbre de la chaudière, porté à 10 kilogrammes, et même à les remplacer sur certaines lignes par des machines à trois essieux accouplés avec bogie à l'avant, auxquelles on a généralement donné le fonctionnement compound.

Machines a trois essieux accouplés avec bogie a l'avant. — Ce type de locomotive, qui jouit actuellement d'une grande faveur, en raison de la souplesse avec laquelle il se prête aux services les plus divers, trains de marchandises, trains omnibus ou trains express et rapides, a été employé en France d'abord par la compagnie du Midi en 1896 et par celle de l'Ouest en 1897. Il est maintenant utilisé sur tous les réseaux, qui possèdent de ces machines à roues accouplées de 1,75 m. de diamètre, établies en vue de ce service varié.

Les réseaux de l'Est, de l'Ouest, du P.-L.-M. et l'Orléans ont, plus récemment, adopté des machines de ce type avec roues motrices de 1,94 m. à 2,10 m. de diamètre pour la traction des trains de vitesse. Nous représentons (fig. 627) la machine de l'Est, employée sur ce réseau pour le service des trains les plus rapides.

C'est une machine compound à 4 cylindres, les cylindres HP extérieurs et horizontaux placés, suivant la disposition habituelle en France, entre les roues arrière du bogie et les premières roues accouplées, les cylindres BP, intérieurs, placés par le travers du bogie. Les distributions sont du type Walschaert, les tiroirs cylindriques, les cylindres munis de soupapes de sûreté et de rentrée d'air.

Voici les principales conditions d'établissement de cette machine, ainsi que de celles du même réseau à roues de 1,75 m. affectées à un service mixte :

	Machine d'express.	Machine mixte.
Surface de grille.	3,16 m²	2,51 m²
Surface de chauffe.	235 —	205 —
Timbre de la chaudière	16 kg.	16 kg.

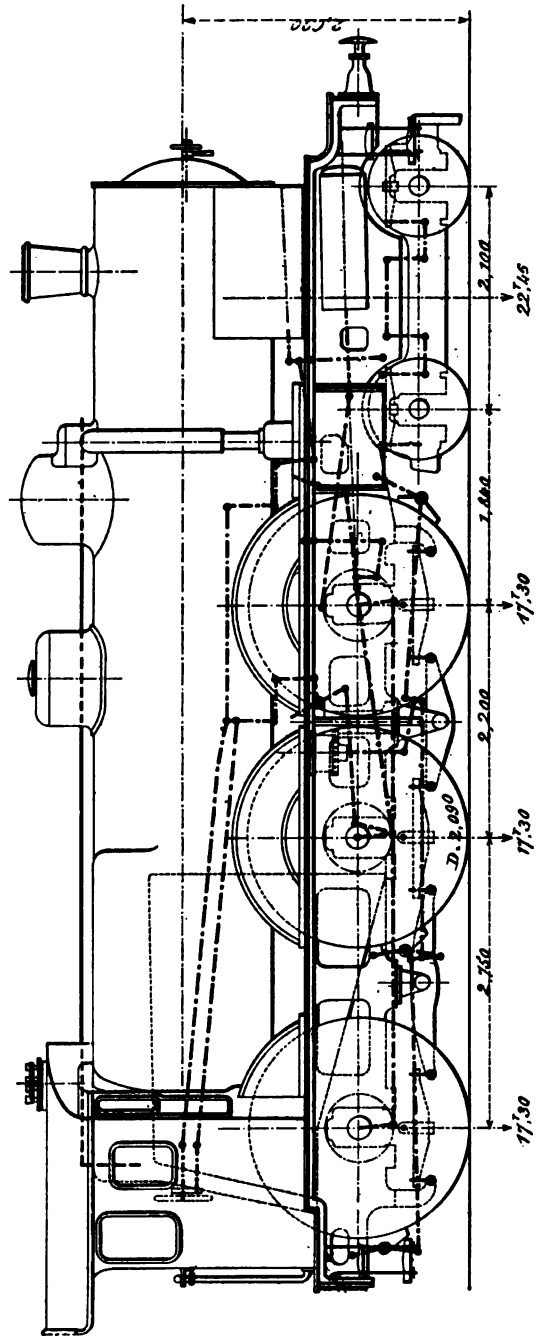


Fig. 627. — Machine à grande vitesse à trois essieux accouplés et à bogie de la compagnie de l'Est (D'après M. Demoulin).

	Machine d'express.	Machine mixte.
Diamètre des roues motrices	2,09 m.	1,75 m.
Diamètre des cylindres HP	0,36 —	0,35 —
Diamètre des cylindres BP	0,59 —	0,55 —
Course des pistons	0,68 —	0,64 —
Poids adhérent	51 900 kg.	46500 kg.
Poids total en service	74350 —	63900

Les machines (série 3700) du réseau de l'État qui sont identiques comme dimensions du mécanisme aux machines mixtes du réseau de l'Est à roues motrices de 1,25 m. de diamètre, mais dont la chaudière est timbrée à 15 kilogrammes seulement et qui sont affectées au service des trains express, rapides ou de marchandises, développent une puissance moyenne normale de 870 à 970 chevaux, qui correspond à une consommation moyenne de vapeur de 10,5 km. par cheval et par heure. Dans les essais faits en service normal sur ces machines en 1903, il a été constaté une puissance maxima de 1130 chevaux : mais cette puissance n'a été atteinte qu'en lançant le train (train 86-271 tonnes remorquées) à grande vitesse avant d'aborder une rampe de 10 millimètres et elle n'a été réalisée que pendant une durée assez courte[1].

Ainsi que nous l'avons dit, on ajoute quelquefois à ce type de machines, notamment en Amérique, un essieu porteur à l'arrière ; on obtient ainsi le type *Pacific*. Le type *Prairie* comporte trois essieux accouplés compris entre deux essieux porteurs, l'un à l'avant, l'autre à l'arrière.

Signalons que la compagnie d'Orléans vient de mettre en service (octobre 1907) une locomotive du type Pacific qui est probablement la première de ce type en Europe et la plus puissante machine à voyageurs qui existe, en dehors de l'Amérique.

Cette machine, étudiée pour développer à la jante des roues motrices une puissance de 2 000 chevaux environ, a un poids total de 91 tonnes en service et un poids adhérent de 52 905 kg; sa chaudière est timbrée à 16 kg., elle a une surface de grille de 4,27 m² et une surface de chauffe totale de 257, 25 m². Les roues motrices ont 1,80 m. de diamètre. Les cylindres HP ont un diamètre de 39 centimètres, les cylindres BP un diamètre de 64 centimètres ; la course commune des pistons est de 65 centimètres.

§ 3. — MACHINES A QUATRE ESSIEUX ACCOUPLÉS

Les machines à quatre essieux accouplés sont surtout destinées au service des fortes rampes, où une grande adhérence est nécessaire pour permettre un

[1] J. Nadal. Expériences sur le rendement des locomotives. *Revue générale des Chemins de fer*, mai 1903, mars et septembre 1904.

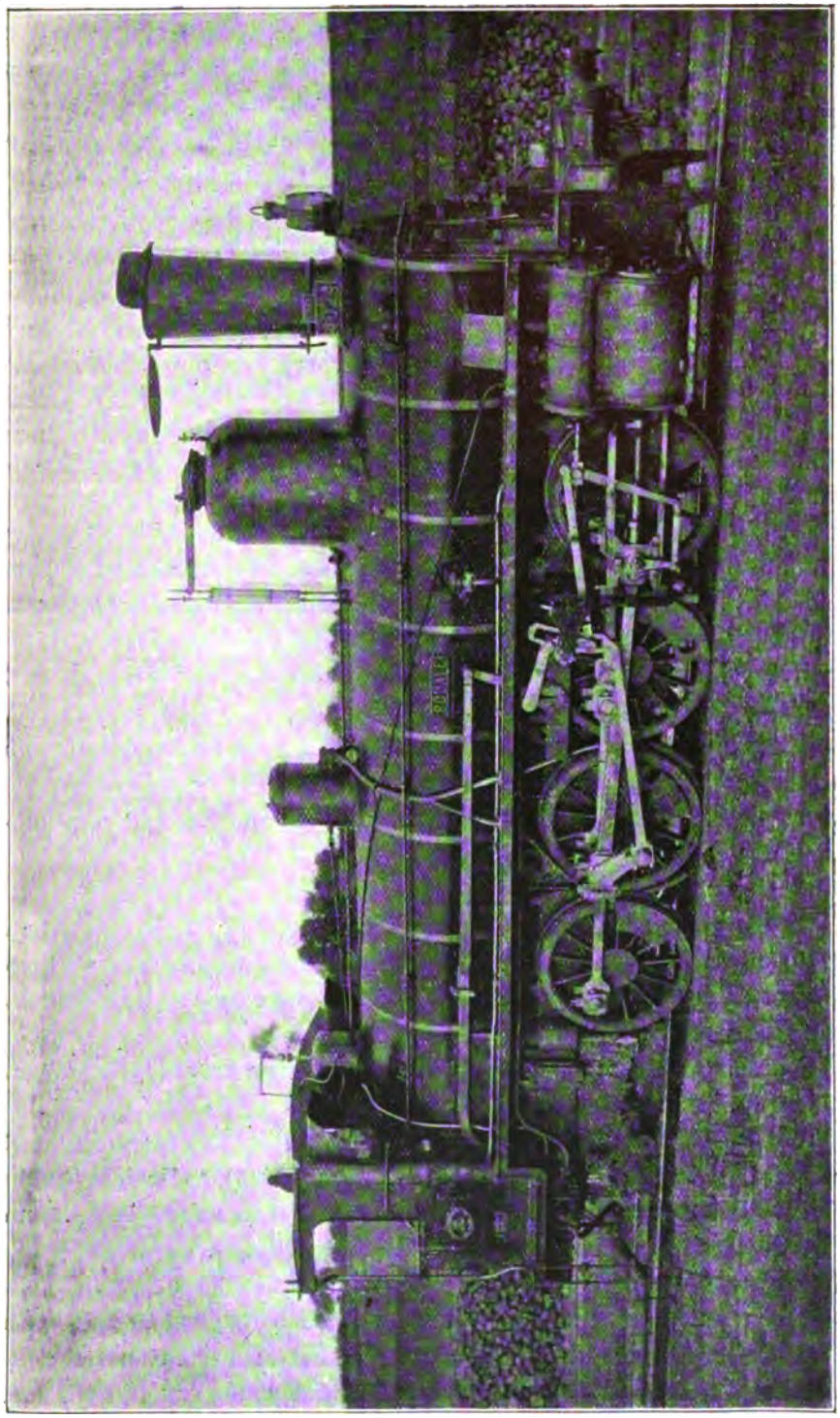


Fig. 628. — Machine à quatre essieux accouplés (série 4000) du réseau de l'Etat.

grand effort de traction ; elles s'emploient aussi pour la remorque des grands trains de marchandises sur les lignes à faible déclivité. Employées pour la première fois par la compagnie du Midi, en 1855, elles sont maintenant en usage sur tous les réseaux français, celui de l'Ouest excepté.

Elles sont montées sur des roues de petit diamètre (1,20 m. à 1,40 m.); les cylindres sont habituellement extérieurs, le foyer placé, soit en porte-à-faux derrière le quatrième essieu, soit au-dessus de cet essieu, ce qui est évidemment préférable pour la stabilité de la machine.

Machines du réseau de l'État. — Sur le réseau de l'État les machines à quatre essieux accouplés (série 4 000) construites en 1883-1884 (fig. 628) pèsent 53 tonnes en service. Elles sont timbrées à 9 kilogrammes (quelques-unes à 10 kilogrammes) et ont 2,08 m² de surface de grille; les roues ont 1,27 m. de diamètre. Le poids adhérent est de 13 tonnes sur chacun des deux essieux d'avant et de 13,5 t. sur les deux essieux d'arrière : le foyer est en porte-à-faux. Elles remorquent aux vitesses nominales de 25 à 30 kilomètres à l'heure des trains de 350 tonnes sur des rampes de 15 millimètres, 480 tonnes sur des rampes de 10 millimètres et 700 tonnes sur des rampes de 5 millimètres.

Ces machines, qui sont munies de la distribution Walschaert et de tiroirs cylindriques, étaient considérées comme puissantes au moment de leur construction.

L'application du système compound à deux et quatre cylindres à ce genre de machines et l'augmentation du timbre de la chaudière ont permis d'en augmenter la puissance. Nous en citerons un exemple emprunté au P.-L.-M.

Locomotive compound n° 4301 de la compagnie P.-L.-M. — Cette machine comporte quatre cylindres, deux intérieurs, agissant sur le second essieu, et deux extérieurs actionnant le troisième essieu ; elle a été mise en service en 1889.

Le timbre de la chaudière est de 15 kilogrammes. Le poids de la machine en charge est d'environ 57 tonnes.

Elle est destinée au service des lignes à rampes de 25 à 30 millimètres par mètre, desservies autrefois par les locomotives ordinaires à quatre essieux accouplés; ces dernières remorquent sur des rampes de 30 millimètres des trains de marchandises de 157 tonnes à la vitesse de 15 kilomètres à l'heure et des trains de voyageurs de 85 tonnes à la vitesse de 30 kilomètres.

L'appareil vaporisateur est puissant (2,18 m² de surface de grille et 157 m² de surface de chauffe). Les tubes sont relativement courts ; ils ont seulement 4,15 m. de longueur, alors que ceux de la machine du type ancien ont 5,36 m.

La boîte à feu est du système Belpaire et en acier. Le foyer est en cuivre. Les tubes sont en fer.

Des balanciers à bras inégaux conjuguent les essieux d'avant et égalisent les charges sur le rail; pour les deux essieux de l'arrière, la charge est répartie de chaque côté de la machine par un ressort unique, qui égalise les charges sur les fusées.

Le deuxième et le troisième essieu sont moteurs; le deuxième essieu est coudé et actionné par les cylindres d'admission directe, placés à l'intérieur des longerons; le troisième essieu est actionné par les cylindres de détente au moyen de manivelles extérieures. Les quatre essieux sont accouplés ensemble et sont tous à fusées intérieures.

Les coussinets des boîtes à huile des essieux extrêmes ont un jeu latéral de 25 millimètres de chaque côté de leur position moyenne et les boutons d'accouplement ont une forme sphérique, ce qui permet à la machine, malgré son empattement de 4,05 m. de s'inscrire dans des courbes de faible rayon.

Le tender est à quatre roues; la capacité de sa caisse à eau est de 8 mètres cubes et il peut recevoir 5 000 kilogrammes de charbon.

Il pèse 26 310 kilogrammes en charge.

Conditions d'établissement.

Surface de grille,	2,18 m²
— de chauffe	157,68 —
Timbre de la chaudière	15 kg.
Diamètre des roues	1,26 m.
Diamètre des cylindres HP	0,36 —
Diamètre des cylindres BP	0,54 —
Course des pistons	0,65 —
Poids de la machine vide	51 590 kg.
Poids total en service	57 100 —
Effort de traction à l'introduction maxima	10 300 —
Adhérence (calculée au 1/6)	9 530 —

Dans les machines plus récentes de ce type (nos 3 211-3 260, 3 301-3 362), également timbrées à 15 kilogrammes, le diamètre des rames a été porté à 1,50 m., ce qui permet d'augmenter notablement la vitesse. En même temps la surface de grille a été portée à 2,45 m² et le diamètre des cylindres BP à 0,59. Le poids à vide n'est plus que de 49 870 kilogrammes et le poids en service de 53 700 kilogrammes.

Machines consolidation de la compagnie du midi. — En ajoutant à l'avant de ce type de machine un essieu à articulation de bissel, on obtient le type *Consolidation,* introduit pour la première fois en France par la compagnie du Midi (en 1901) et adopté ultérieurement par l'Est et par l'Orléans.

La figure 629, empruntée à M. Sauvage, représente la machine du Midi, qui est, à quelques détails près, reproduite par celle de l'Est.

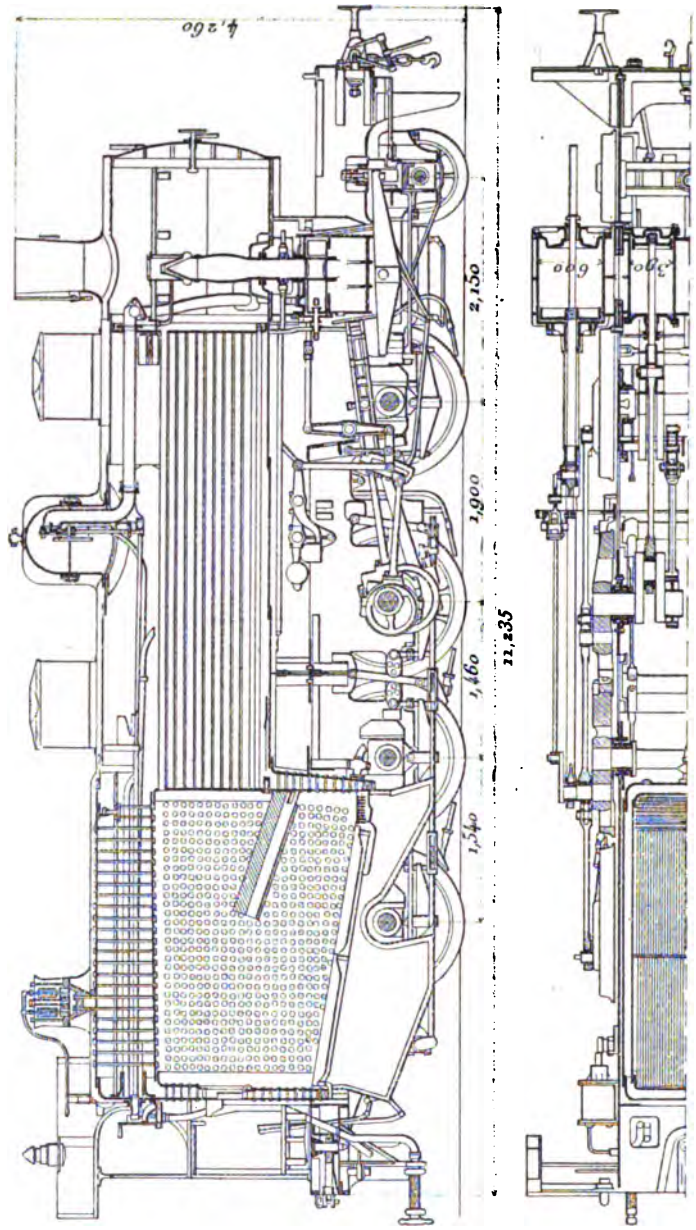


Fig. 629. — Machine à quatre essieux accouplés avec bissel à l'avant de la compagnie du Midi (d'après M. Sauvage).

Ce sont des machines compound à quatre cylindres, étudiées spécialement en vue du service de la ligne de Beziers à Neussargues, qui comporte des courbes de 300 mètres et de longues rampes de 30 à 33 millimètres. Elles remorquent sur cette ligne des trains de marchandises d'un poids net de 210 tonnes.

Les principales conditions d'établissement de ces machines sont les suivantes :

	Est.	Midi.	Orléans.
Surface de grille	2,707 m²	2,80 m²	3,10 m²
— de chauffe	248,15 —	255,26 —	239,40 —
Timbre de la chaudière	16 kg.	15 kg.	16 kg.
Diamètre des roues motrices	1,400 m.	1,400 m.	1,55 m.
— des cylindres HP	0,39 —	0,39 —	0,39 —
— des cylindres BP	0,60 —	0,60 —	0,60 —
Course des pistons	0,65 —	0,65 —	0.65 —
Poids adhérent	65 300 kg.	65 700 kg.	65 700 kg.
Poids total en service	72 500 —	72 800 —	74 000 —

Enfin, on peut, dans ce type de machine, remplacer l'essieu bissel d'avant par un bogie. On trouve, en Amérique, de puissantes machines ainsi établies.

Nous bornerons là ces descriptions sommaires de quelques types de machines; elles suffisent, croyons-nous, pour donner un aperçu des types les plus récents des locomotives employées.

Nous mentionnerons seulement, parmi les machines tenders, la machine de grande banlieue à deux essieux accouplés et à deux bogies, de la compagnie du Nord (poids 63 tonnes), la machine à trois essieux accouplés et à bogie, de la Ceinture (poids total 63 tonnes), la machine de banlieue à trois essieux accouplés et à deux bogies de la compagnie de l'Est (poids total 90 tonnes), la machine à quatre essieux accouplés et à bogie de la Ceinture (poids total 81 tonnes) et enfin la machine compound à marchandises à 4 cylindres et à deux bogies moteurs de la compagnie du Nord. Cette dernière machine, construite en vue de remorquer des trains de houille de 950 tonnes sur les lignes de Valenciennes et de Busigny à Hirson qui comportent de longues rampes de 10 millimètres et 11,5 mm.. a un poids total de 102 tonnes avec ses approvisionnements d'eau et de charbon. Elle a une surface de grille de 3 mètres carrés, une surface de chauffe totale de 244,55 m² et comporte un effort maximum de traction (en compound) de 18 607 kilogrammes; avec admission directe, cet effort atteindrait 24 064 kilogrammes [1].

Enfin, nous croyons devoir mentionner spécialement les locomotives-fourgons du réseau de l'État, étudiées en vue de la remorque des trains légers et qui donne toute satisfaction, tant au point de vue du service qu'elles assurent qu'en raison des économies qu'elles permettent de réaliser sur la dépense de traction (fig. 630). Le châssis de ces machines porte, outre la chaudière et le mécanisme moteur, une caisse pour les bagages dans laquelle s'installe le chef de train, qui se trouve ainsi en communication constante avec le mécanicien.

[1] *Revue générale des Chemins de fer*, août 1905.

Ces machines sont portées par trois essieux, dont deux accouplés. La chaudière est timbrée à 12 kilogrammes : les roues motrices ont un diamètre de 1,32 m. Les unes, dont le poids en service est de 26 600 kilogrammes, et dont le cylindre moteur a 25 centimètres de diamètre avec 40 centimètres

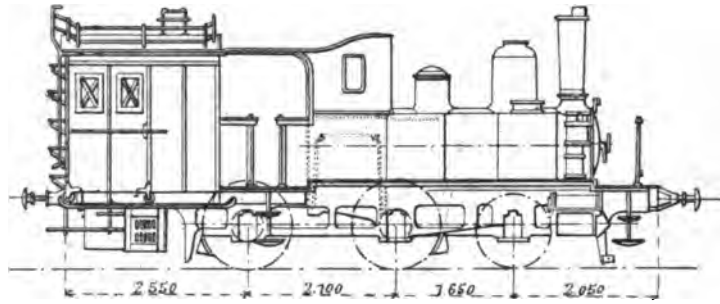


Fig. 630. — Locomotive tender fourgon des chemins de fer de l'État.

de course du piston, peuvent fournir un effort de traction moyen $\left(0{,}65\,\frac{pd^2l}{D}\right)$ égal à 1477 kilogrammes. Les autres, dont le poids total est de 33 500 kilogrammes, ont un cylindre moteur de 30 centimètres de diamètre et leur effort moyen de traction est de 2127 kilogrammes.

§ 4. — VOITURES AUTOMOTRICES A VAPEUR

Depuis quelques années on emploie sur certains réseaux, soit pour l'exploitation des lignes à faible trafic, soit pour mettre en marche des trains-tramways de poids très réduit sur certaines sections des grandes lignes des voitures automotrices. En France notamment, sans parler des applications de la traction électrique qui ont eu lieu de divers côtés, on peut citer l'emploi sur plusieurs réseaux, l'Orléans, l'État, le P.-L.-M. notamment, de la voiture automotrice à vapeur, système Purrey. Nous représentons, figure 631, la voiture de ce système dont la première application sur le réseau de l'État remonte au mois de mai 1904.

Deux voitures de ce type ont été employées à cette époque pour le service des trains-tramways de la banlieue de Bordeaux.

Ces voitures, portées par 2 essieux, l'un moteur à l'avant, l'autre porteur à l'arrière, ont une longueur totale de 11,325 m. et une largeur de 3,10 m. Indépendamment de la plate-forme d'avant, réservée au mécanicien, elles comportent un compartiment fourgon de 2,50 m. de longueur, un compartiment de 2e classe de 1,60 m. de longueur, contenant 8 places assises, un compartiment de 3e classe de 3,20 m. de longueur, offrant 16 places assises et enfin une plate-forme arrière (longueur, 1,90 m.) pouvant recevoir 12 voya-

geurs debout. La voiture peut ainsi contenir 36 voyageurs, dont 24 assis. Le poids total de la voiture en service étant de 21 000 kilogrammes, le poids mort par place offerte est de 580 kilogrammes en nombre rond.

Les principales conditions d'établissement de la machine, qui comporte le fonctionnement compound, sont indiquées ci-après :

Surface de grille		0,82 m²
— de chauffe		26 m²
Timbre de la chaudière		20 kg.
Diamètre des roues		1,04 m.
Diamètre des cylindres	HP	0,14 m.
	BP	0,20 m.
Course des pistons		0,20 m.

L'écartement des essieux de la voiture est de 5,85 m.; la longueur intérieure de la caisse est de 7,30 m. et la longueur totale entre les tampons de 12,50 m.

Cette voiture peut remorquer, outre son propre poids, une voiture d'attelage du poids de 12 tonnes à une vitesse de 60 kilomètres en palier et à la vitesse de 25 kilomètres sur une rampe de 15 millimètres. En tenant compte du poids de la voiture de remorque, qui contient 50 places de 3e classe, on voit que le poids mort par place offerte s'abaisse à 386 kilogrammes.

La compagnie d'Orléans a mis en service en 1903 une voiture Purrey sur la ligne de la Flèche à Sablé, où elle était employée à faire un certain nombre de trains précédemment remorqués par les machines des anciens types de cette compagnie. On a constaté[1] qu'aucune difficulté insurmontable ne s'opposait à l'introduction des voitures automobiles à vapeur pour assurer un service régulier des trains et que, de plus, on pouvait espérer, avec l'emploi de ces automotrices, abaisser de 30 p. 100 environ le prix de la traction des trains. La compagnie d'Orléans a donc décidé d'étendre l'essai qu'elle avait fait et de commander 10 nouvelles voitures qui seraient affectées, soit à la substitution des trains automoteurs aux trains légers existants, soit à la création de trains nouveaux.

Ces résultats s'exppliquent facilement en ce qui concerne le réseau d'Orléans, et probablement aussi quelques autres, où, jusqu'à l'époque de la mise en service des voitures automotrices, la traction des trains légers était faite par des machines ordinaires des anciens types, machines non adaptées au service réduit auquel elles étaient employées et qui donnaient par suite, pour le kilomètre de train, un prix de revient assez élevé.

Il n'en est pas de même sur le réseau de l'État qui, seul de tous les grands réseaux français, assure depuis 1885 le service de certains trains

[1] *Revue générale des Chemins de fer*, avril 1906.

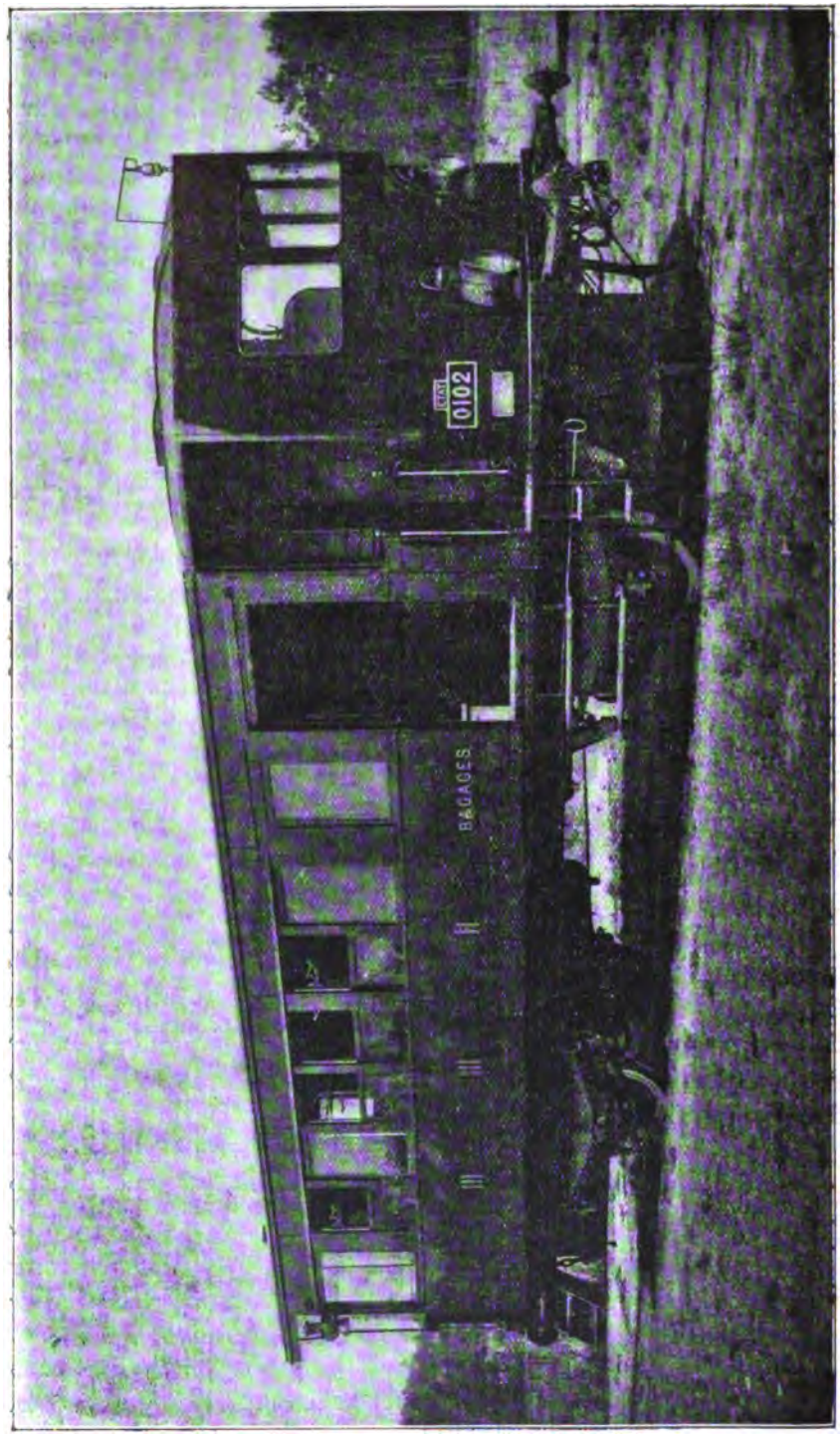


Fig. 631. — Voiture automotrice, système Purrey.

légers, dans les conditions les plus économiques, par les machines fourgons dont nous avons parlé, dont les unes pèsent, en service, 26 tonnes 1/2 et les autres 33 tonnes 1/2 et fournissent un effort de traction bien supérieur à celui que donnent les voitures automotrices, tout en nécessitant une dépense qui n'est pas plus élevée et qui, dans certains cas, pourrait même être inférieure.

Les voitures automotrices dépensent en effet un peu moins de combustible que les machines fourgons[1], mais leurs frais de réparation et d'entretien étant un peu plus élevés, alors que toutes les autres dépenses sont sensiblement les mêmes (personnel de conduite, graissage, personnel du train), il en résulte qu'il y a dans certains cas équivalence (lorsque les réparations sont peu importantes pour les automotrices, dont les organes sont nécessairement plus délicats que ceux des machines fourgons) et dans d'autres cas avantage pour les machines fourgons, lorsque le coût des réparations devient un peu plus élevé.

D'après les résultats acquis au réseau de l'État, le prix de revient du kilomètre de trains des voitures automotrices, système Purrey, est de 0,33932 fr. se décomposant comme il suit :

Personnel	traction	0,06146 fr.
	exploitation	0,056 —
Combustible		0,102 —
Eau		0,0068 —
Graissage		0,00692 —
Eclairage		0,0016 —
Nettoyage		0,0098 —
Entretien et réparations		0,09474 —
	Total	0,33932 fr.

Il y a lieu de remarquer, d'ailleurs, que le chiffre indiqué pour entretien et réparations ne comprend que les dépenses du moteur proprement dit.

En somme, de l'expérience faite sur le réseau de l'État il résulte que les automotrices dont il s'agit assurent, avec une régularité suffisante, un service comportant une seule voiture de remorque, mais qu'il n'en est plus de même lorsque le nombre des voyageurs exige l'adjonction de deux et surtout de trois voitures de surcharge. Elles paraissent donc convenir particulièrement bien pour un service dans lequel la constance du nombre des voyageurs serait à peu près réalisée et où ce nombre ne dépasserait pas celui qui correspond à l'adjonction d'une seule voiture de remorque[2].

[1] Les voitures automotrices consomment 4,200 kg. de coke criblé par kilomètre ; les machines fourgons brûlent 6 kilogrammes d'un mélange de briquettes et de menus.

[2] Consulter, sur la question de l'emploi des voitures automotrices, le *Bulletin du Congrès international des chemins de fer*, février 1900, octobre 1901.

LIVRE QUATRIÈME

DES FREINS

CHAPITRE PREMIER

EMPLOI DE LA LOCOMOTIVE COMME FREIN. — CONTRE-VAPEUR

Nécessité des freins. — Contre-vapeur. — Conditions de son emploi.

Nécessité des freins. — Il est nécessaire d'avoir, dans les trains en marche, le moyen de produire une force retardatrice capable de détruire à volonté la vitesse ; cela est évident, puisque les trains doivent s'arrêter, soit en présence d'un signal ou d'un obstacle sur la voie, soit aux stations qui comportent des arrêts normaux, prévus au tableau de marche.

Si l'on se bornait à supprimer l'action de la vapeur, le temps employé par le train pour éteindre sa vitesse serait beaucoup trop long ; il sortirait des limites admissibles dans la pratique, surtout en présence d'un obstacle inattendu. Il y a même des cas où la fermeture du régulateur de la machine ne suffirait pas pour arrêter le train, même au bout d'un intervalle très long ; par exemple, sur une pente, où la composante de la gravité serait supérieure à la résistance du train, la suppression de l'action du moteur n'empêcherait pas le mouvement du train de continuer et même de s'accélérer.

Il faut donc avoir à sa disposition un moyen de détruire la vitesse en cas d'arrêt et de la modérer sur les pentes, quand elles sont très longues et très inclinées. Les appareils destinés à obtenir ce résultat s'appellent des *Freins*.

Contre-vapeur. — La locomotive, qui sert à produire la traction des trains, peut également être employée pour les arrêter ; elle est, entre les mains du mécanicien, un frein puissant et d'autant plus puissant qu'elle a

un poids adhérent plus considérable. Il suffit, pour lui faire jouer le rôle de frein, de la faire agir en sens inverse du mouvement du train, c'est-à-dire d'employer la *contre-vapeur*.

Le train étant en marche, si l'on suppose qu'on place le coulisseau de la distribution en un point qui corresponde à la marche en arrière, il en résultera une inversion complète des fonctions du piston ; au lieu de fuir devant la pression de la vapeur et de refouler dans le tuyau d'échappement, le piston fera l'inverse : il refoulera devant lui la vapeur de la chaudière et aspirera derrière lui l'atmosphère du tuyau d'échappement, c'est-à-dire de la cheminée. Il développera ainsi un travail résistant, et ce travail sera d'autant plus grand que le coulisseau sera plus près de l'extrémité de la coulisse, Sous l'action de cette résistance, le mouvement du train se ralentira peu à peu et finira par cesser.

Ces faits sont connus depuis fort longtemps et les mécaniciens savaient que, pour arrêter promptement un train, il suffisait de battre contre-vapeur ; mais ils ne se servaient autrefois qu'avec répugnance de ce moyen d'arrêt, qui était considéré comme exceptionnel, et cela pour deux raisons.

D'abord, ainsi que nous l'avons dit, la manœuvre du levier de changement de marche est fort dangereuse, tant que le régulateur n'est pas fermé ; le mécanicien éprouve une grande résistance pour imprimer au levier le déplacement nécessaire au renversement de la vapeur et, quand il y a réussi, il ne peut pas toujours le fixer dans sa nouvelle position ; le levier est quelquefois rappelé violemment vers la position de la marche en avant. De là, pour le mécanicien, un danger de se blesser en faisant la manœuvre, danger qui ne pourrait être évité que s'il prenait soin de fermer d'abord son régulateur, c'est-à-dire en perdant un temps extrêmement précieux, alors que son train, lancé à toute vitesse, se trouve brusquement en présence d'un obstacle imprévu.

En outre, pour peu que la marche à contre-vapeur se prolonge, le mécanisme de la machine ne tarde pas à se détériorer gravement ; en effet, le rôle du piston, dans la marche à contre-vapeur, consiste essentiellement à aspirer l'atmosphère de la boîte à fumée et à la refouler ensuite avec la vapeur qui vient de la chaudière, d'abord dans la boîte à vapeur et de là dans la chaudière elle-même. Or, l'atmosphère de la boîte à fumée contient des gaz chauds (de 300 à 500°), des cendres, des escarbilles qui, introduites dans les cylindes, ne tardent pas à les rayer, ainsi que les pistons. Les cylindres s'échauffent rapidement, les presse-étoupes se carbonisent, les pistons et les tiroirs se grippent, les joints crachent de tous côtés ; bref, la machine se détériore.

Pour ces deux raisons, difficulté de manœuvre du levier et danger de détérioration de la machine, on n'avait recours autrefois à la contre-vapeur que dans des cas de détresse absolue, de danger imminent.

Le premier inconvénient a été supprimé par l'emploi du changement de marche à vis, qui permet de renverser la vapeur en pleine marche sans le moindre danger et sans qu'il soit besoin de fermer le régulateur.

Les travaux de MM. Lechatelier et Ricour [1] ont permis de résoudre la seconde difficulté, au moyen d'une disposition aussi simple qu'ingénieuse : cette disposition consiste à injecter sous les tiroirs, à la base du tuyau d'échappement, un mélange d'eau et de vapeur puisé dans la chaudière ; la vapeur empêche les gaz chauds d'être aspirés et l'eau, mélangée à la vapeur, absorbe la chaleur produite pendant la compression et empêche l'échauffement du mécanisme. Les quantités de vapeur et d'eau injectées sont dosées au moyen de robinets spéciaux, qui les conduisent dans un même tube aboutissant au tiroir ; elles doivent être envoyées en léger excès, de manière à assurer l'efficacité de l'injection, mais sans produire une dépense exagérée d'eau et de vapeur. Pour que la quantité de vapeur injectée soit convenable, il faut qu'elle dépasse un peu le volume aspiré par le piston, afin d'empêcher l'aspiration des gaz de la combustion ; on est assuré d'arriver à ce résultat lorsqu'on aperçoit un léger nuage de vapeur sortant, en jet continu, par l'orifice de la cheminée. Quant à la quantité d'eau, elle doit être réglée de telle sorte qu'un petit excès s'en échappe par la cheminée et produise une pluie fine, comme celle qui sort d'une machine *primant* très légèrement.

Quelquefois, on se contente d'injecter de l'eau chaude, qui se réduit partiellement en vapeur et produit les effets voulus.

La figure 632 représente l'appareil employé à la compagnie P.-L.-M. pour mesurer les quantités d'eau et de vapeur à injecter dans l'échappement. Il se compose d'une petite boîte en fonte B, placée auprès du changement de marche à vis, divisée en trois compartiments : dans l'un arrive l'eau, dans le deuxième arrive la vapeur. Une cloison à lumières sépare chacun de ces compartiments du troisième ; des tiroirs, placés sur ces cloisons, règlent l'écoulement des deux fluides, qui se mélangent dans le troisième compartiment et se rendent de là dans le tuyau d'échappement.

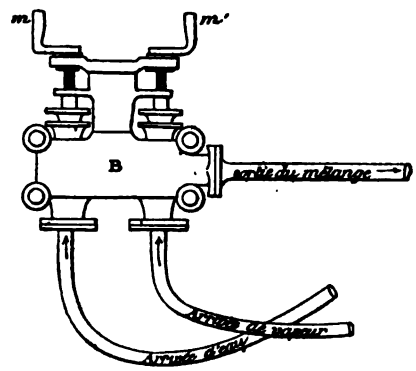


Fig. 632.

[1] Il s'est élevé une polémique très vive au sujet de l'invention du procédé dont il s'agit. Il paraît hors de doute que les deux ingénieurs dont nous citons les noms ont contribué, dans une large mesure, à rendre pratique l'emploi de la contre-vapeur, mais il serait peut-être difficile de fixer avec certitude la part de chacun d'eux dans cette invention.

On trouvera dans le troisième volume de l'ouvrage de M. Couche, pages 455 et suivantes, des détails forts intéressants au sujet de l'attitude des conseils d'administration des grandes compagnies à propos de la polémique dont il s'agit.

Des manivelles *m*, *m'* permettent de faire varier à volonté et d'une manière continue les orifices découverts par les tiroirs, dont la tige est filetée.

Depuis l'application de l'injection sous les tiroirs, l'emploi de la contre-vapeur est devenu réellement pratique et il offre, surtout pour la modération de la vitesse sur les pentes, une ressource extrêmement précieuse. D'après M. *Marié*[1], ancien ingénieur en chef de la traction à la compagnie P.-L.-M., lorsque l'eau et la vapeur sont injectées en quantités convenables, on peut descendre des pentes très longues de 20 à 25 kilomètres, en retenant le train par la contre-vapeur, avec une admission de 60 à 70 p. 100 de la course du piston ; aucun des inconvénients signalés plus haut ne se produit, il n'y a pas de grippements des tiroirs, pas d'échauffement des cylindres ni des pistons; les garnitures se comportent comme à l'ordinaire, beaucoup mieux même que dans la descente en marche directe, avec le régulateur fermé. Il faut seulement que le mécanicien apporte un soin continuel à faire varier les quantités d'eau et de vapeur injectées, de manière à observer toujours les deux effets qui doivent se produire, savoir : échappement d'un léger nuage de vapeur par la cheminée et production d'une petite pluie fine ou d'un faible primage.

La contre-vapeur est un frein très puissant et cela pour plusieurs raisons. D'abord, il est placé dans la main même du mécanicien, c'est-à-dire de celui qui le premier reconnaît la nécessité de l'employer, et il obéit immédiatement à sa volonté ; il agit donc à peu près instantanément, ce qui le rend extrêmement précieux en cas de danger.

Ce moyen d'action est en outre puissant comme force mécanique. Théoriquement, la force retardatrice que produit le renversement de la vapeur est égale à l'effort de traction qu'elle peut fournir dans la marche ordinaire. Elle a donc pour limite l'adhérence, de sorte que l'action théorique du frein à contre-vapeur se trouve être la même que celle d'un frein qui enrayerait toutes les roues accouplées de la machine.

Il faut remarquer, d'ailleurs, que, pour une même position du coulisseau, le travail négatif à contre-vapeur est toujours plus petit que le travail positif en marche directe, et cela se comprend facilement. La division de la course du piston en trois périodes, admission, détente, avance à l'échappement, est réglée en vue de la marche directe et n'est pas celle qui conviendrait à la marche renversée; dans cette dernière notamment, la période de détente se trouve supprimée, ce qui diminue notablement le travail. Mais, en marche inverse, la vapeur n'est plus consommée, elle est refoulée dans la chaudière; il n'y a donc plus de nécessité de limiter l'admission dans le but d'économiser la vapeur et on peut l'augmenter beaucoup sans avoir à craindre

[1] A. Leroy. *Ouvrage cité.*

que la pression baisse. On peut donc, lorsque l'adhérence est assez grande, augmenter la force retardatrice en plaçant la distribution à un degré d'admission bien plus élevé en contre-vapeur qu'en marche directe.

En fait, quand l'admission est réglée d'une manière convenable, on peut obtenir un travail en contre-vapeur à peu près égal à celui de la vapeur en marche directe, c'est-à-dire une force retardatrice sensiblement égale à l'effort de traction de la machine.

La contre-vapeur s'emploie également avec les locomotives Compound. Dans ce cas, l'injection d'eau et de vapeur doit être faite, non seulement dans l'échappement des cylindres B P, mais aussi dans celui des cylindres H P.

L'emploi de la contre-vapeur avec injection sous les tiroirs, appliqué pour la première fois en 1865 aux chemins de fer du Nord de l'Espagne, est devenu aujourd'hui à peu près général. Il est prescrit, comme nous le verrons plus loin, par les circulaires ministérielles, pour les trains de voyageurs. Son utilité est d'ailleurs devenue moindre qu'au début, en raison de l'emploi général des freins continus automatiques.

CHAPITRE II

FREINS DES VOITURES ET WAGONS. — FREINS CONTINUS

§ 1er. — Freins ordinaires des voitures et wagons. — Conditions qu'ils doivent remplir. — Freins manœuvrés à la main. — Frein Bricogne.

§ 2. — Freins continus. — Prescriptions réglementaires relatives à leur emploi. — Freins à commande mécanique. Frein Héberlein. — Freins à air comprimé, Westinghouse et Wenger. — Freins à vide. — Freins électriques. — Autres systèmes de freins continus. — Application des freins continus aux wagons à marchandises.

§ 3. — Composition des trains en ce qui concerne les freins montés. — Règlement du réseau de l'État. — Prix des freins.

§ 1er. — FREINS ORDINAIRES DES VOITURES ET WAGONS

Les freins ordinaires employés sur les chemins de fer reproduisent, à peu de chose près, la disposition qui existe sur les voitures ordinaires, lorsqu'elles sont appelées à circuler sur des routes accidentées. Elle consiste à saisir les roues du wagon par des sabots, généralement en fer ou en fonte, manœuvrés par des volants à main, qui permettent de les appliquer fortement contre la jante des roues, de manière à développer à leur contact un frottement énergique.

Les principales circonstances du service courant, dans lesquelles on fait usage des freins, sont les suivantes :

1° En présence d'un signal d'arrêt ou d'un obstacle imprévu, on serre fortement les freins pour obtenir un arrêt aussi prompt que possible ;

2° A l'arrivée aux stations, la vitesse du train étant déjà très diminuée, on serre les freins pour s'arrêter exactement au point voulu ;

3° Sur les pentes longues et très inclinées, on serre modérément les freins, de manière à maintenir la vitesse du train dans les limites réglementaires.

Pour remplir ces différents objets, l'action des freins doit être prompte et énergique ; elle doit en outre pouvoir se graduer à volonté.

Quand une roue de wagon est serrée par un frein, elle se trouve soumise à deux actions opposées : la réaction tangentielle du rail, ou adhérence, qui

tend à la faire tourner. et le frottement du sabot, qui tend à arrêter sa rotation. Comme la première force est proportionnelle à la charge de la roue, il en résulte que la seconde pourra être d'autant plus énergique que cette charge sera plus grande; d'où cette conclusion qu'on doit, autant que possible, placer les freins sur les véhicules les plus chargés.

Si le frottement de la roue sur le sabot était le même que celui de la roue sur le rail, il est clair que, pour obtenir l'enrayage des roues, c'est-à-dire pour faire cesser leur mouvement de rotation et le remplacer par un glissement sur le rail, il suffirait que la pression des sabots sur l'ensemble des roues fût égale au poids total du wagon.

Mais il ne paraît pas que ces deux frottements soient exactement les mêmes. Il semble résulter, au contraire, des expériences faites en 1878 par M. le capitaine *Douglas Galton* sur le chemin de fer de Londres à Brighton [1], que le coefficient de frottement du sabot sur les roues est beaucoup plus élevé que celui des roues sur le rail, et que ce coefficient est notablement plus fort aux petites vitesses qu'aux grandes. La pression nécessaire pour enrayer les roues doit donc être, en général, inférieure au poids du véhicule.

Les expériences de M. D. Galton ont, d'ailleurs, mis de nouveau en évidence un fait connu depuis longtemps, c'est que, lorsque les roues sont complètement calées, c'est-à-dire ne tournent plus, la force retardatrice baisse immédiatement d'une manière notable. Il faut donc, pour qu'un frein agisse avec toute sa puissance, qu'il exerce une pression très voisine de celle qui produirait le calage des roues, mais un peu inférieure à cette pression.

Le calage complet des roues a, du reste, l'inconvénient très grave de produire un méplat sur la partie de la jante qui frotte sur le rail, ce qui rend ensuite son roulement irrégulier; il est, en outre, pour les rails une cause d'usure des plus destructives, par suite du frottement de glissement qu'il entraîne. Il convient donc, à tous les points de vue, d'éviter le calage des roues; on n'épargne pas, il est vrai, l'usure des bandages qui frottent contre les sabots, mais au moins on la répartit uniformément et on n'altère pas la circonférence de roulement des roues.

Les freins ordinaires sont manœuvrés à la main, c'est-à-dire qu'ils sont serrés et desserrés, suivant les appels du mécanicien, par un agent placé dans une guérite à la partie supérieure du wagon, et que l'on appelle *serre-frein* ou *garde-frein*.

L'appareil de manœuvre se prête à un grand nombre de combinaisons; mais, quel que soit le système employé, il y a une condition qui doit toujours être remplie, c'est que la pression des sabots soit égale sur les deux

[1] Voir *Revue générale des Chemins de fer*, septembre 1878 et février 1879.

WAGON PLATE-FORME AVEC FREIN A VIS (Cie d'Orléans).

Échelle de 0m,015 par mètre.

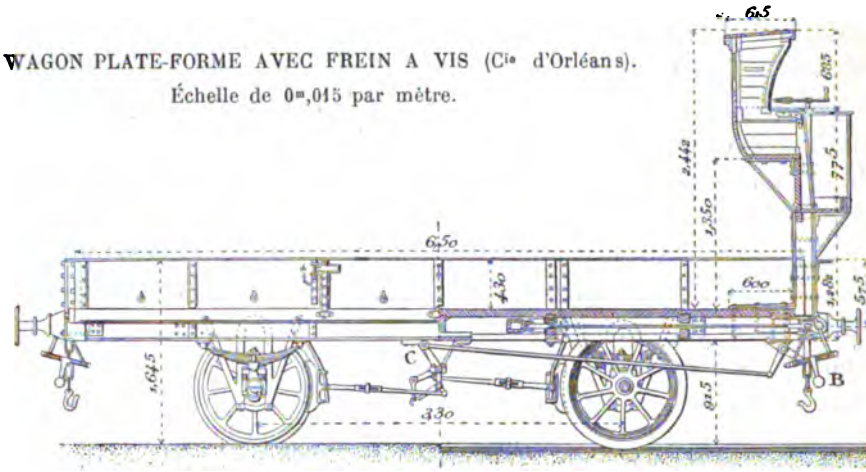


Fig. 633. — Élévation et coupe longitudinale.

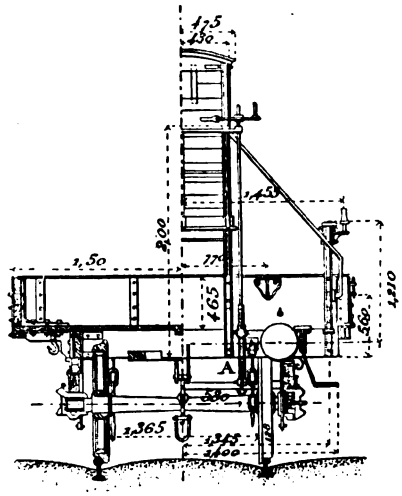


Fig. 634. — Coupe transversale et vue par bout.

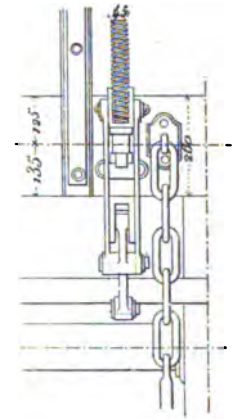


Fig. 635. — Détail A, 1/10.

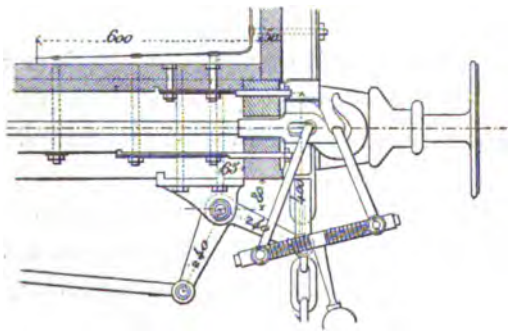


Fig. 636. — Détail B, 1/10.

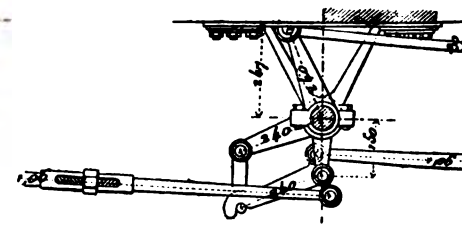


Fig. 637. — Détail C, 1/10.

paires de roues. On réalise cette condition en rendant l'action des sabots réciproque, c'est-à-dire en les disposant de manière que l'un serve de point d'appui à l'autre.

Nous représentons (fig. 633 à 637) la disposition d'un frein à vis pour wagons de la compagnie d'Orléans.

On voit que, dans cette disposition, les sabots des freins sont reliés aux longerons du châssis. Quelquefois on les relie à un longeron spécial, qui s'appuie sur les parties extérieures des fusées des deux essieux. Cette seconde disposition a l'avantage de laisser au wagon l'élasticité de sa suspension, même après le serrage du frein, puisque les pièces qui font agir ce dernier sont indépendantes du châssis. Mais l'appareil est lourd et d'un entretien coûteux, ce qui lui fait généralement préférer le frein dont les sabots sont reliés au châssis, bien qu'il ait l'inconvénient de supprimer à peu près la suspension du véhicule pendant tout le temps que les freins sont serrés.

La pression à exercer sur les roues par les sabots d'un frein doit être fort énergique, puisqu'il faut, d'après ce que nous avons vu, qu'elle soit voisine du poids total du wagon, soit 12 à 15 tonnes ou même davantage, selon le chargement. Pour qu'un homme puisse produire une pression aussi élevée, il faut que son effort soit considérablement amplifié par le mécanisme de transmission, à peu près dans le rapport de 1 à 500. L'appareil employé dans ce but est le même pour les véhicules lourds et légers ; dans la disposition que représentent les figures 633 à 637, c'est une manivelle avec vis, agissant sur un système de leviers, qui commandent le mouvement des sabots.

Le bras de la manivelle a la même longueur pour tous les véhicules, car cette longueur est commandée par la commodité de la manœuvre à bras ; mais on fait varier le pas de la vis. Ainsi, pour les voitures à voyageurs, les sabots se déplacent de 8 millimètres environ par tour de manivelle ; pour les lourds wagons de marchandises, le déplacement n'est guère que de 4 millimètres par tour.

Frein Bricogne. — L'inconvénient du système de transmission que nous venons de décrire, c'est sa lenteur ; il ne donne pas à la manœuvre la promptitude indispensable dans bien des cas, en particulier lorsqu'on veut arrêter en présence d'un obstacle imprévu. Le mécanicien ayant sifflé aux freins, il faut que le serre-frein, dès qu'il a entendu cet appel, saisisse la manivelle et lui fasse faire plusieurs tours, avant de mettre les sabots en contact avec les roues ; cette manœuvre nécessite un certain nombre de secondes, pendant lesquelles le train dévore l'espace et diminue l'intervalle qui le sépare du danger.

Dans le frein Stilmant, monté sur certains wagons des chemins de fer de l'État, les tiges qui actionnent les sabots sont fixées à deux flasques mobiles

entre lesquelles glisse un coin et les sabots arrivent ainsi plus rapidement au contact des roues.

Pour augmenter la rapidité de l'action, M. Bricogne, ingénieur au chemin de fer du Nord, a imaginé un frein à contrepoids, dont l'action est beaucoup plus prompte que celle du frein à manivelle. Le serrage des sabots est produit, dès que l'ordre de serrage est donné par le mécanicien : 1° par la chute d'un contrepoids, qui varie de 80 à 150 kilogrammes ; 2° par l'action supplémentaire du garde-frein sur la manivelle.

La figure 638 représente l'une des dispositions adoptées à la compagnie du Nord pour réaliser cette manœuvre.

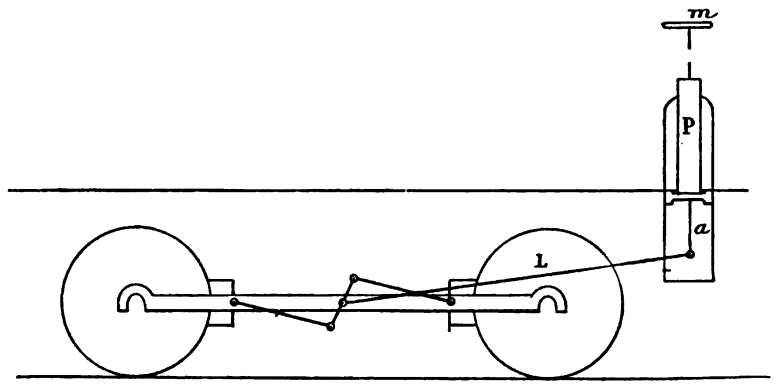


Fig. 638. — Frein à contrepoids à vis de M. Bricogne. (Compagnie du Nord.)

L'arbre du frein est commandé par un levier L. sur l'extrémité duquel agissent, d'abord le poids P, puis le serrage supplémentaire à la main. Ce poids, relié par une tige verticale *a* à articulation avec le levier L, maintient celui-ci suspendu, tant qu'il est lui-même retenu en haut de sa course ; dès qu'il est déclenché par le serre-frein, il tombe et produit le serrage rapide des sabots. Le serre-frein tourne ensuite la manivelle *m*, pour appuyer de plus en plus la tige *a* sur le levier et achever le serrage. Au moment du desserrage, le poids se trouve peu à peu remonté par l'action de la manivelle.

Le frein de M. Bricogne a reçu de nombreuses applications au chemin de fer du Nord, surtout dans les fourgons à bagages, où son installation se fait plus facilement que dans une guérite de wagon ordinaire.

Nous n'entrerons pas dans le détail de la description des différents systèmes de freins qui ont été tour à tour employés sur les chemins de fer et dont quelques-uns ont donné de bons résultats ; l'intérêt de ces diverses combinaisons se limite actuellement aux wagons à marchandises, l'adoption des *freins continus* ayant permis de résoudre de la manière la plus complète la question de l'arrêt rapide des trains de voyageurs en face d'un obstacle imprévu et celle de la modération de leur vitesse sur les pentes.

§ 2. — FREINS CONTINUS

Avec les freins ordinaires manœuvrés à la main et dans les conditions habituelles du service, il faut, pour arrêter complètement un train lancé, un intervalle de 800 à 1 200 mètres, quelquefois beaucoup plus, si la voie est en pente ou les rails gras; ce parcours correspond au temps nécessaire, pour apercevoir le signal d'arrêt, siffler aux freins, manœuvrer les appareils et détruire la vitesse.

Il y a, on le comprend, un intérêt considérable à posséder un moyen d'arrêt rapide des trains et à réduire à quelques centaines de mètres le parcours nécessaire pour arrêter un train lancé à grande vitesse. On diminue ainsi, dans une très large mesure, les chances d'accident; on augmente, en outre, la capacité de circulation des lignes, des trains à arrêt rapide pouvant se suivre à des intervalles plus rapprochés; enfin, la vitesse de marche sur les lignes à stations multipliées peut également être augmentée, puisqu'on peut gagner du temps sur les arrêts.

Le moyen actuellement employé pour réaliser un arrêt rapide des trains consiste à mettre dans la main du mécanicien la manœuvre de tous les freins et à les appliquer en même temps à toutes les voitures; c'est au système ainsi constitué qu'on a donné le nom de *freins continus.*

Ce n'est pas sans de grandes hésitations et de nombreux tâtonnements qu'on est arrivé en France à réaliser dans les trains de voyageurs l'application des freins continus, et il a fallu bien des injonctions adressées par le ministre des Travaux publics aux compagnies de chemins de fer pour obtenir ce résultat.

Dans son rapport du 8 juillet 1880, la commission d'enquête sur les moyens de prévenir les accidents de chemins de fer, commission dont nous avons déjà eu occasion de signaler les importants travaux, s'exprimait de la manière suivante, après avoir relaté les différents essais faits par les compagnies pour l'application des freins continus, employés depuis bien des années déjà en Amérique :

« Nous constatons, en somme, qu'aucune de nos compagnies n'est restée étrangère aux essais d'application des freins continus qui se poursuivent activement, tant en Angleterre que sur le continent, mais que *quelques-unes d'entre elles pourraient*, dans l'intérêt de la sécurité de l'exploitation, et en raison de l'accroissement des vitesses de certains trains rapides et express, *donner à cette application une plus vive impulsion.*

« Leur imposer ou même leur indiquer l'adoption d'un système particulier déjà éprouvé, dans le but d'assurer les échanges de matériel d'une ligne

à l'autre, serait prématuré en ce moment, et aurait l'inconvénient de nuire à des essais particuliers dont la réussite et le développement peuvent intéresser l'avenir.

« Mais la commission est d'avis que, sans porter préjudice aux tentatives qui pourraient amener l'amélioration des freins, il est possible de donner dès aujourd'hui à la circulation des trains de voyageurs un surcroît de garanties de sécurité fort important, en invitant les compagnies à munir de freins continus, placés sous la main du mécanicien et des garde-freins, tous les trains de voyageurs dont la vitesse normale de pleine marche atteint 60 kilomètres à l'heure, en y ajoutant, bien entendu, l'usage constant de la contre-vapeur. »

Une circulaire du 13 septembre 1880, sanctionnant les propositions de la commission, enjoignait aux compagnies de prendre leurs dispositions pour que, dans un délai de deux ans, tous les trains *express* fussent munis de freins continus.

A l'expiration de ce délai, le résultat prescrit n'était pas atteint. La cause du retard résidait, au moins en partie, dans ce fait que plusieurs compagnies avaient donné la préférence au frein américain de M. *Westinghouse*, et que ce constructeur, après s'être chargé de livraisons considérables, n'avait pu les effectuer en temps utile. Une nouvelle circulaire était donc adressée aux compagnies le 7 décembre 1882, leur accordant *un nouveau délai d'une année* pour achever de munir les véhicules des trains express des appareils de freins continus.

Mais l'application de ce puissant moyen d'arrêt aux trains express était évidemment une mesure insuffisante et il était nécessaire, et bien équitable en même temps, de procurer aux voyageurs des trains omnibus une sécurité égale à celle dont peuvent jouir les voyageurs, plus fortunés, qui fréquentent les express. Une nouvelle circulaire a donc été envoyée le 29 mars 1886 : après avoir constaté que les installations prescrites par la circulaire de 1880 étaient terminées[1] et que toutes les voitures entrant dans la composition des trains express et rapides étaient munies du frein continu, cette circulaire invite les compagnies à entreprendre l'adaptation de ce système de freins à *toutes les voitures à voyageurs et à toutes les annexes de la grande vitesse* (fourgons à bagages, fourgons à messageries, wagons-écuries, trucks à équipages, wagons à lait, wagons à marée et à primeurs, etc.) et à poursuivre cette opération avec l'activité nécessaire pour que, dans un délai de *deux ans au maximum*, tous les trains de voyageurs, *jusques et y compris les trains omnibus*, soient pourvus de freins continus. La circulaire ajoute que, *dans le même délai*, toutes les machines destinées aux services de ces

[1] Le délai accordé avait été notablement dépassé.

trains devront être également munies de freins continus et d'*appareils à contre-vapeur* [1].

Quelques compagnies ayant sollicité une prolongation de délai, à raison de l'importance des fournitures à commander à l'industrie privée et du temps qu'exigerait le montage des freins sur les véhicules, une nouvelle circulaire (2 décembre 1886) les a de nouveau invitées à se conformer *strictement* aux prescriptions de celle du 29 mars et à ne pas dépasser, *pour quelque motif que ce soit*, le délai fixé par cette circulaire.

En fait, aujourd'hui on peut dire que l'emploi des freins continus, comme celui de la contre-vapeur, est devenu absolument général sur tous les réseaux.

On se rendra compte de l'importance que présente pour la sécurité l'adaptation des freins continus aux trains de voyageurs et surtout aux trains de vitesse, si l'on remarque qu'en dix secondes un train marchant à 80 kilomètres à l'heure, parcourt 220 mètres. Or dix secondes représentent le minimum de ce qui est nécessaire, avec un personnel parfaitement discipliné et attentif, pour obtenir le serrage des freins lorsqu'ils sont actionnés à la main.

Les freins continus employés sur les chemins de fer sont de différente nature, suivant le mode adopté pour la transmission ; celle-ci peut être obtenue, soit au moyen d'une commande mécanique, soit par l'emploi de l'air comprimé, du vide ou de l'électricité. En fait, c'est l'air comprimé qui a donné jusqu'à présent les meilleurs résultats et qui a été adopté par la grande majorité des compagnies de chemins de fer du monde entier. C'est donc ce système que nous décrivons principalement ; nous dirons également quelques mots des autres systèmes de freins en usage.

Freins a commande mécanique. — Parmi les freins de cette nature, nous devons citer le frein *Héberlein*, employé en Bavière et expérimenté autrefois par la compagnie d'Orléans.

Ce système de frein utilise pour le serrage la force vive du train ; le déclenchement et la mise en prise des freins s'obtiennent en tirant un cordeau monté sur toute la longueur du train.

L'appareil est fort simple : sur un des essieux du véhicule est calé un galet, avec lequel peut venir engrener par friction un galet semblable monté sur l'axe d'un treuil, sur lequel s'enroule une chaîne. Cette chaîne agit sur les leviers des freins et les met en prise, par le déclenchement d'un contrepoids, soutenu sous chaque véhicule par le cordeau qui règne sur toute la longueur du train ; la force du déclenchement est suffisante pour actionner

[1] Il n'est pas sans intérêt de faire remarquer ici qu'en mars 1886, plus de vingt ans après la première application pratique de la contre-vapeur sur les chemins de fer du Nord de l'Espagne, l'administration des travaux publics était encore obligée d'envoyer une injonction aux compagnies françaises de chemins de fer, pour les inviter à munir leurs machines de ce puissant moyen de modérer la vitesse des trains.

les freins de deux autres wagons, entre lesquels le véhicule à treuil mobile peut être placé. On peut ainsi répartir plusieurs groupes de freins dans un même convoi ; mais, pour que la mise en jeu de ces freins par le cordeau ne donne pas lieu à des serrages intempestifs, dans les dilatations subies par le train en marche, il faut que l'attelage des véhicules soit très serré, de manière que les tampons ne puissent jamais s'écarter les uns des autres. Toute rupture d'attelage entraîne la rupture de la corde et la mise en action du frein qui est, par conséquent, automatique.

Une expérience faite à la compagnie d'Orléans a montré qu'un train de douze voitures de première classe, toutes munies de freins Héberlein, marchant à 76 kilomètres sur une pente de 3 millimètres, était arrêté dans un espace de 250 mètres par l'emploi simultané de ce frein et de la contre-vapeur.

Malgré sa simplicité, ce frein a été abandonné, de même que le frein Guérin fondé sur un principe analogue, l'emploi de l'air comprimé ou du vide ayant fourni ultérieurement une solution plus satisfaisante du problème.

Freins a air comprimé. — L'idée d'employer l'air, soit comprimé, soit raréfié, pour la manœuvre des freins n'est pas nouvelle; elle a été proposée il y a quarante-sept ans (brevet de 1860) par MM. Martin et du Tremblay.

Voici comment était constitué leur système :

Une pompe, placée sur la machine, faisait le vide ou comprimait l'air dans une conduite flexible, régnant sur toute la longueur du train ; sur cette conduite générale étaient branchées des conduites secondaires, communiquant avec des cylindres disposés sous les wagons, et dans lesquels se mouvaient des pistons qui actionnaient les sabots des freins. Par la simple ouverture d'un robinet, on pouvait mettre en prise tous les freins et même graduer à volonté leur pression.

Actuellement deux freins à air comprimé, de valeur à peu près égale, sont employés sur les réseaux français : le frein *Westinghouse* et le frein *Wenger*, qui ne diffèrent l'un de l'autre que par les organes de distribution. L'Ouest, l'Est, le P.-L.-M. et le Midi ont le frein Westinghouse ; l'Orléans et l'État ont le frein Wenger.

Frein Westinghouse. — Ce frein, inventé par l'ingénieur américain dont il porte le nom, est employé depuis de longues années en Amérique; il a été introduit en France en 1877 par la compagnie de l'Ouest. Dans sa forme primitive, il ne différait guère du précédent que par l'adjonction d'un réservoir d'air comprimé sous chaque voiture ; mais il a été successivement perfectionné par son auteur, qui a réussi à en faire un appareil tout à fait pratique donnant des résultats extrêmement satisfaisants et possédant cette faculté précieuse d'enrayer les roues aussitôt qu'il se produit une rupture d'attelage.

Voici comment est disposé le frein Westinghouse.

Un compresseur d'air placé sur la locomotive et actionné par un moteur à vapeur, souvent désigné sous le nom de *petit cheval*, comprime de l'air dans un réservoir principal porté par la locomotive et de là, par une conduite générale régnant d'un bout à l'autre du train, dans une série de réservoirs

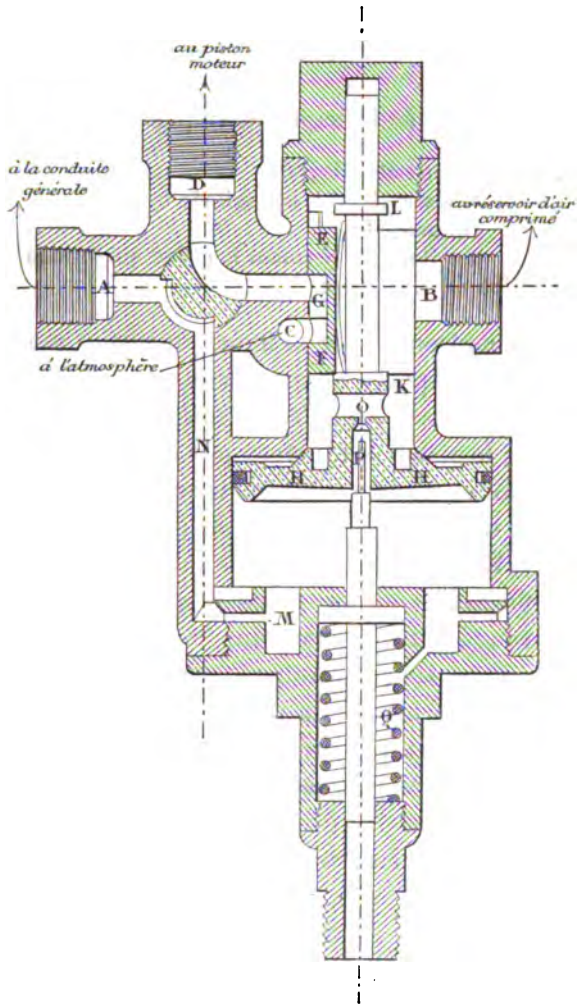


Fig. 639. — Frein Westinghouse. Triple valve.

auxiliaires placés sous chaque véhicule et communiquant par un branchement avec la conduite générale ; un cylindre, dans lequel se meut un piston actionnant les sabots, est également installé sous chaque voiture et communique par un tuyau avec le branchement. Au point de rencontre de ce tuyau et du branchement se trouve un organe de distribution extrêmement ingénieux, appelé *triple valve*, qui commande le tiroir de distribution du cylindre et le met en communication, soit avec l'atmosphère, soit avec l'air comprimé

du réservoir ; dans le premier cas, les freins sont lâches ; dans le second, ils sont immédiatement serrés avec une grande énergie.

La triple valve est disposée de telle sorte que les variations de pression dans la conduite générale déterminent les mouvements du tiroir ; tant que la pression est maintenue dans la conduite, les freins restent desserrés ; si on fait communiquer cette conduite avec l'atmosphère, les freins se serrent et ce dernier résultat est également obtenu s'il se produit une rupture de l'un des attelages du train.

Voici comment est disposée la triple valve (fig. 639) :

A, communication avec la conduite générale ;
B, — le réservoir d'air comprimé ;
C, — l'atmosphère ;
D, — le cylindre renfermant le piston qui actionne les sabots ;
EF, tiroir de distribution de ce cylindre.

Dans la situation représentée par la figure, le piston moteur est mis en communication avec l'atmosphère au moyen du tiroir EF, par D et C ; les freins sont desserrés. Supposons que le tiroir se déplace de manière que sa lèvre E viennent en G ; le piston se trouvera mis en communication, par D et B, avec le réservoir d'air comprimé et les freins se serreront immédiatement.

Le mouvement du tiroir est commandé par un piston auxiliaire HH, au moyen des deux talons K et L ; il suffit d'ouvrir un robinet, qui laisse échapper l'air de la conduite générale, pour que l'air comprimé contenu sous le piston HH, s'échappe par le tuyau MNA et pour que ce piston, cédant à la pression de l'air du réservoir, s'abaisse en entraînant avec lui le tiroir EF. En même temps, le petit trou O est fermé par la tige P, ce qui empêche le réservoir de se vider par cet orifice, et le ressort Q se trouve comprimé. Dès qu'on ferme le robinet de la conduite générale, la pression se rétablit sous le piston HH qui se soulève ; le trou O se trouve débouché, et l'air comprimé afflue de nouveau de la conduite au réservoir.

La conduite générale est formée, sous chaque voiture, par un tuyau en fer, terminé à chacune de ses extrémités par un tuyau en caoutchouc, qui permet l'accouplement rapide et étanche de chaque voiture avec sa voisine ; des organes spéciaux permettent au mécanicien de régler à volonté la pression des sabots.

Le frein Westinghouse donne donc, en définitive, les résultats suivants : il permet un serrage extrêmement rapide de tous les freins de toutes les voitures, par suite de la présence du réservoir d'air comprimé attenant à chaque frein, et cela au moyen de la simple manœuvre d'un robinet par le mécanicien ; un agent quelconque du train peut également mettre en prise tous les freins, en ouvrant un des robinets de la conduite générale ; en cas de rupture d'attelage ou de dérangement de la conduite, amenant une dimi-

nution de la pression, les freins se serrent d'eux-mêmes et toute fraction détachée du train est immédiatement enrayée ; le système est donc automatique au degré le plus élevé.

Ce frein a reçu en Amérique, en Angleterre, en Belgique, en Hollande des applications très nombreuses ; adopté en France, d'abord par la compagnie de l'Ouest, il l'a été ultérieurement par les trois réseaux de l'Est, du P.-L.-M. et du Midi.

Dans les expériences faites sur le réseau de l'Ouest[1], les arrêts aux stations ont été obtenus, en moyenne, dans les espaces suivants :

100 mètres sur les lignes de banlieue, où, les stations étant très rapprochées, il importe de perdre pour l'arrêt le moins de temps possible ;

200 mètres sur les grandes lignes, pour les trains rapides et express.

En cas d'urgence, on peut obtenir l'arrêt dans des longueurs moitié moindres.

Sous sa forme primitive, ce frein avait le défaut de ne pas être *modérable*, c'est-à-dire que son action ne pouvait pas être graduée à volonté et qu'il se produisait souvent des chocs violents lorsqu'on commençait à le faire agir.

Aussi, la compagnie P.-L.-M. lorsqu'elle a adopté ce système de frein, lui a-t-elle fait subir une modification, destinée à permettre de graduer encore mieux son action sur les nombreuses et longues pentes à forte inclinaison qui existent sur son réseau; cette modification consiste essentiellement à placer sous chaque voiture deux conduites distinctes, reliées par un organe spécial qui permet, à volonté, le fonctionnement indépendant de l'une ou l'autre des conduites, pour commander séparément un frein automatique semblable au précédent et un frein non automatique. La compagnie désigne cette transformation du système Westinghouse sous le nom de frein continu à air comprimé, automatique et modérable[2].

Mais, depuis, l'inventeur a apporté à la triple valve certaines modifications[3] dans le but de permettre l'application de son frein sur de très longs trains et d'obtenir la simultanéité du serrage sur tous les véhicules ; le frein ainsi disposé, est dit « à action rapide ». Il peut donner le serrage *rapide* ou le serrage *modéré*, suivant le mode d'action dont le mécanicien fait usage[4]. Il est donc modérable à volonté.

Moyennant des précautions très simples à prendre par les mécaniciens et une certaine habitude de la manœuvre de l'appareil, les arrêts se produisent sans qu'il en résulte aucune secousse pour les voyageurs.

En outre, la modération de la vitesse des trains sur les pentes s'obtient

[1] Voir *Revue générale des Chemins de fer*, décembre 1881.
[2] Voir *Revue générale des Chemins de fer*, février 1883.
[3] Voir *Revue générale des Chemins de fer*, avril 1888.
[4] *Revue générale des Chemins de fer*, juin 1890. — Article cité de M. Desdouits.

sans aucune difficulté; il suffit pour cela que le mécanicien manœuvre de temps en temps le robinet de la conduite générale et il arrive facilement, avec un peu d'habitude de la ligne, à réaliser une vitesse très régulière, tout en maintenant constante la pression dans la conduite.

Frein Wenger. — La compagnie d'Orléans et le réseau de l'État ont adopté un système de frein continu à air comprimé inventé par un ingénieur français, M. Wenger.

Dans ce système de frein, analogue au précédent quant à sa disposition générale, les réservoirs auxiliaires des wagons sont supprimés ; la conduite générale, remplie d'air comprimé à 4 ou 5 atmosphères, communique normalement avec tous les cylindres à frein, placés sous chaque wagon, et dans cette situation, les freins sont desserrés. Une valve de serrage, communiquant avec la conduite générale, avec l'atmosphère et avec le cylindre à frein, permet, lorsque la pression diminue dans la conduite générale, d'obtenir le mouvement du piston et, par suite, le serrage du frein qu'il commande.

Le frein Wenger permet, comme le frein Westinghouse, d'obtenir l'arrêt des trains dans un intervalle très court; il est automatique comme lui ; il présente même l'avantage d'être plus facilement modérable et les voitures qui en sont munies peuvent s'accoupler sans difficultés avec celles qui comportent le frein américain [1].

Les freins à air comprimé sont extrêmement énergiques.

Le tableau suivant résume, d'après des expériences faites sur le frein Westinghouse, les distances nécessaires pour obtenir l'arrêt d'un train muni du frein à air comprimé à différentes vitesses, sur différentes déclivités, avec un rail dont l'état correspond à une adhérence de 1/10 [2].

VITESSES	RAMPES		PALIERS	PENTES		
	20 mm.	10 mm.		10 mm.	20 mm.	30 mm.
	m.	m.	m.	m.	m.	m.
100 kilomètres à l'heure . . .	330	360	396	440	495	567
90 — — . . .	267	292	321	356	401	459
80 — — . . .	210	229	253	281	316	362
70 — — . . .	161	176	193	215	242	277
60 — — . . .	119	130	143	159	179	205
50 — — . . .	82	90	99	110	124	142
40 — — . . .	52	58	63	70	79	91
30 — — . . .	30	33	36	40	45	52
20 — — . . .	13	14	15	17	19	22

[1] La description du frein Wenger se trouve dans la *Revue générale des chemins de fer*, n° de juin 1882 et de mai 1884.

[2] Lefèvre et Gerbelaud. *Les Chemins de fer.*

Freins a vide. — Le plus ancien des freins à vide est le frein *Smith*, adopté par la compagnie du Nord ; c'est en quelque sorte la contre-partie du frein Westinghouse.

Une conduite générale règne également sur toute la longueur du train, avec des accouplements en caoutchouc pour les intervalles des voitures, et elle est en communication, sous chaque véhicule, avec un sac ou soufflet compressible, dont un fond est fixe et l'autre mobile et qui est relié aux leviers des freins.

L'originalité de ce système consiste dans le moyen employé pour faire le vide ; c'est un *éjecteur*, sorte de Giffard placé sur la boîte à fumée de la machine, et dans lequel un jet de vapeur, agissant par entraînement, aspire l'air contenu dans la conduite générale. Cet appareil est très puissant et produit, en quelques secondes, un vide énergique qui amène le serrage des sabots. Le desserrage est produit par le jeu d'un clapet, qui fait rentrer l'air dans la conduite.

Ce système est très simple ; c'est son principal avantage. Il est, en outre, facile à manœuvrer et à modérer. Mais il n'a pas, comme le Westinghouse, la propriété d'enrayer la queue du train, en cas de rupture d'attelage. De plus, son action est moins rapide, à cause du temps nécessaire pour faire le vide dans la conduite et dans les sacs.

Dans des expériences faites à la compagnie P.-L.-M., le frein Smith a donné des arrêts en 300 mètres avec une vitesse de 65 à 68 kilomètres sur des pentes de 4 à 5 millimètres. Le frein Westinghouse à donné des arrêts un peu plus courts dans les mêmes conditions.

Le frein à vide a été perfectionné par M. Hardy, dans le but de remédier aux fuites de la conduite générale, qui pourraient paralyser, en tout ou en partie, l'action de l'appareil.

La compagnie du Nord, à la suite d'expériences faites sur son réseau de 1876 à 1878, a décidé l'application de ce frein à une partie importante de son matériel, notamment aux trains express de sa grande ligne ; elle l'a ensuite étendu aux trains de banlieue, aux trains semi-directs et aux trains omnibus.

Ce frein peut être rendu automatique, ainsi que l'ont démontré des essais faits en Angleterre ; mais c'est au prix d'une assez grande complication que ce résultat peut être obtenu et il n'est pas encore, croyons-nous, passé dans le domaine de la pratique.

Freins électriques. — La compagnie de l'Est a longtemps expérimenté un système de frein continu, dû à M. *Achard*, dans lequel un courant électrique produit très rapidement le serrage et le desserrage des sabots.

Chaque véhicule est muni d'un électro-aimant, disposé pour actionner

ses freins, et en communication avec un fil métallique qui règne sur toute la longueur du train. Des commutateurs permettent au mécanicien et à chaque garde-frein d'enrayer instantanément toutes les roues. La quantité d'électricité nécessaire pour produire à volonté plusieurs arrêts successifs, énergiques, rapprochés et prolongés, est obtenue au moyen d'un *accumulateur Planté* qui emmagasine l'électricité de deux piles pendant les intervalles de l'action des freins.

Les résultats des expériences faites sur ce système ont été satisfaisants. Son action est très rapide, et il permet d'arrêter un train de grande vitesse dans un espace de 200 mètres. Mais le difficile est de graduer l'action des freins, d'éviter le calage complet des roues et de modérer à volonté la vitesse sur les pentes. En outre, bon nombre d'ingénieurs n'ont qu'une confiance médiocre dans les courants électriques et les trouvent trop capricieux pour leur confier un service aussi important que celui des freins, au point de vue de la sécurité de l'exploitation.

La compagnie de l'Est, après avoir expérimenté concurremment le frein électrique et le frein Westinghouse, s'est décidée pour ce dernier, dont la manœuvre est plus sûre.

Autres systèmes de freins continus. — Il existe un grand nombre d'autres freins continus qui ont été adoptés ou essayés par les diverses administrations de chemins de fer, tant en France qu'à l'étranger; par exemple, les freins Kœrting, Eames, Vacuum Brake, Soulerin, qui sont des freins à vide, dans lesquels l'automaticité a été réalisée, le frein Lipkowski qui est à air comprimé, de même que le frein Chapsal, etc., etc.

Le frein Soulerin, qui est modérable, et qui peut fonctionner également à l'air comprimé, est assez employé sur les réseaux secondaires.

Le plus répandu est, sans contredit, le frein à air comprimé; il donne, dans les conditions actuelles de l'exploitation, des garanties très importantes de sécurité et, pourvu que les mécaniciens soient un peu familiarisés avec son emploi, les arrêts rapides qu'il permet de réaliser se produisent sans qu'il en résulte de secousses désagréables pour les voyageurs. Les mêmes effets peuvent être obtenus avec le frein à vide; mais son action est un peu moins prompte et cette raison peut suffire à expliquer la préférence assez généralement accordée au système à air comprimé.

Application des freins continus aux wagons a marchandises. — La question de l'application des freins continus à l'ensemble du matériel roulant des chemins de fer a été plusieurs fois agitée en France. On s'accorde à reconnaître que la dépense énorme qu'entraînerait cette installation est de nature à faire beaucoup hésiter et on se demande si l'intérêt qu'elle présente peut

entrer en balance avec l'élévation de la dépense. Certains ingénieurs repoussent même complètement l'idée de l'application du frein continu aux trains de marchandises, en raison de la complication de service qui serait occasionnée par l'accouplement des boyaux et l'essai du frein après chaque arrêt en gare, ainsi que des incidents qui pourraient résulter des ruptures d'attelage, plus fréquentes sur les trains de marchandises. D'autres ingénieurs estiment que la généralisation du frein continu s'imposera dans un délai plus ou moins long et qu'il conviendrait tout au moins d'y procéder par étapes successives. On consultera avec intérêt sur cette question un article de MM. Huberti et Doyen dans le *Bulletin du Congrès international des chemins de fer* (octobre 1907). La question est actuellement à l'ordre du jour. Elle a été posée par la Conférence internationale de Berne pour l'unité technique du matériel, dans sa dernière session (mai 1907).

Quoi qu'il en soit de la décision qui interviendra à ce sujet, on remarquera que la question est depuis longtemps résolue en principe aux États-Unis, où une loi du 2 mars 1893 a rendu obligatoire, dans un délai de cinq ans, l'application des freins continus à toutes les machines et à tous les wagons. En fait, la presque totalité des wagons en est actuellement munie et la *Master Car Builder Association* a recommandé de n'admettre aux échanges entre réseaux, à partir du 1er septembre 1907, que les wagons munis du frein continu [1]. Cette situation paraît être justifiée aux États-Unis par les dispositions générales des wagons à marchandises, plus lourds que les nôtres et circulant dans des trains à vitesse assez élevée, où la nécessité d'un freinage rapide est plus grande qu'en Europe. On a constaté d'ailleurs en Amérique certaines défectuosités de fonctionnement de ces freins qui ont conduit à y introduire divers perfectionnements.

§ 3. — COMPOSITION DES TRAINS EN CE QUI CONCERNE LES FREINS MONTÉS

L'application, aujourd'hui générale, des freins continus aux trains de voyageurs ne dispense pas d'y installer un certain nombre de véhicules à freins montés, c'est-à-dire desservis par un serre-frein. Il faut en effet tenir compte du dérangement possible des appareils ; en outre, les trains de marchandises et les trains mixtes continuent à être desservis uniquement par des freins manœuvrés à la main. Il est donc utile de connaître les prescriptions qui doivent être observées à cet égard.

D'après l'article 17 de l'ordonnance du 15 novembre 1846 (modifiée par décret du 1er mars 1901) chaque train de voyageurs, de marchandises ou

[1] M. Japiot. *Les chemins de fer américains.*

mixte doit être accompagné du nombre de conducteurs et de gardes-freins déterminé, suivant le nombre des véhicules, les pentes et les appareils d'arrêt ou de ralentissement, par le ministre des Travaux publics, sur la proposition de la compagnie. En outre, sur la dernière voiture de chaque train ou sur l'une des voitures placées à l'arrière, il doit y avoir toujours un frein manœuvré.

Une décision ministérielle du 16 avril 1849, prise en exécution de ces dispositions, avait fixé comme il suit le nombre minimum de freins à comprendre dans les trains ordinaires de voyageurs, non compris le frein du tender :

« Un frein dans un train de voyageurs de sept voitures et au-dessous ;
« Deux freins dans un train de quinze voitures et au-dessous jusqu'à sept ;
« Trois freins dans un train de plus de quinze voitures ;
« Ces prescriptions s'appliquent à ce que l'on peut appeler un *train moyen*, c'est-à-dire marchant dans les conditions de vitesse moyenne, comme le font les trains omnibus de voyageurs, et sur des voies dont les pentes et rampes ne dépassent pas 5 à 6 millimètres. »

Ces prescriptions, insuffisantes pour les lignes à profil accidenté, avaient en outre besoin d'être complétées en ce qui concerne les trains express et les trains de marchandises. Les règlements particuliers des compagnies, approuvés par décisions ministérielles, fixent, pour les divers cas qui peuvent se présenter, le nombre et la position des véhicules à frein dans les trains.

Jusqu'en 1905 les règles de freinage étaient établies d'après la vitesse des trains et la déclivité des lignes et elles avaient simplement pour but d'indiquer le *nombre* de véhicules à frein qui devaient entrer dans la composition des trains, mais sans tenir compte du *poids* de ces véhicules, autrement que par l'obligation d'avoir toujours comme wagons à frein des wagons chargés ou lestés de 2 000 kilogrammes au moins (règlement du réseau de l'Etat). Ces règles étaient incomplètes à ce point de vue, puisque l'efficacité d'un frein est évidemment différente suivant qu'il est monté sur un wagon vide ou sur un wagon plus ou moins chargé.

A la suite d'une étude attentive de la question, une circulaire ministérielle du 6 juillet 1901 a fixé les nouvelles règles à adopter pour le calcul du nombre de freins gardés à placer dans les trains, en tenant compte du poids à freiner.

Ces règles font l'objet des articles 39 à 45 (ci-après reproduits) du Règlement général n° 4 du réseau de l'État, dont le texte a été approuvé par décision ministérielle du 28 octobre 1904.

Art. 39. — Chaque train, quelle que soit sa nature, doit comprendre, indépendamment du frein de tête, un nombre de véhicules à frein à vis gardé tel que le poids total de ces

véhicules et de leur chargement soit au moins égal à un minimum déterminé en tenant compte du profil de la ligne, du type de la machine, du tonnage total remorqué et de la vitesse de marche.

Des ordres de service font connaître, pour chaque section et pour chaque série de machines, quel tonnage (tare et chargement cumulés) devront au moins atteindre les véhicules à freins gardés dans chaque train, suivant la vitesse limite autorisée en cas de retard et suivant la charge totale de ce train.

Art. 40. — Dans les trains munis du frein continu en bon état de fonctionnement, il suffit que le frein de tête et le frein d'arrière soient gardés.

Art. 41. — Si le frein continu vient à se déranger en cours de route, le train ne doit plus s'avancer qu'à une vitesse correspondant au tonnage des véhicules à freins à vis gardés entrant dans sa composition. Il continue ainsi jusqu'à la première station où sa composition pourra être modifiée, soit par le retrait de certains véhicules afin de réduire le tonnage remorqué, soit par l'adjonction de véhicules à freins à vis pour la garde desquels cette station sera en mesure de fournir les agents nécessaires.

Art. 42. — Si le train dans lequel le frein continu cesse de fonctionner ne contient pas un nombre de freins à vis gardés correspondant au tonnage freiné prescrit par les ordres de service visés à l'article 39 ci-dessus, le chef de train avise de cette situation le mécanicien et lui donne l'ordre de marcher avec prudence, de façon à pouvoir toujours s'arrêter en cas de besoin dans l'étendue de voie qu'il aperçoit libre devant lui, en continuant ainsi jusqu'à la première station qu'il lui désigne où la composition du train pourra être modifiée et le nombre nécessaire des gardes-freins complété.

Art. 43. — Dans les deux cas définis aux articles 41 et 42, le chef de train est autorisé à faire arrêter le train à une station où le tableau de marche ne prévoit pas d'arrêt.

Art. 44. — La moitié au moins du tonnage freiné représenté par les véhicules à frein gardé entrant dans la composition d'un train doit se trouver dans la seconde moitié de ce train.

Art. 45. — La position des freins à vis qui doivent être gardés dans les trains est fixée comme suit.

1° Dans les trains de voyageurs, quelle que soit la déclivité de la ligne, il doit toujours y avoir un frein à vis gardé sur la dernière ou sur l'avant-dernière voiture contenant des voyageurs, ou en arrière de cette voiture.

2° Dans les trains de toute nature, le dernier frein à vis gardé doit se trouver :

Sur l'un des cinq derniers véhicules, lorsque la déclivité moyenne correspondant pour la section à la longueur sur laquelle le train doit être arrêté ne dépasse pas 5 millimètres par mètre (cette déclivité est indiquée pour chaque section par les ordres de service visés à l'article 39 ci-dessus) ;

Sur l'un des deux derniers véhicules, si la déclivité moyenne de la section dépasse 5 millimètres par mètre.

En exécution de ces prescriptions et à la suite de calculs assez laborieux que nous ne reproduisons pas, le réseau a été divisé en un certain nombre de sections suivant l'importance de la déclivité et des tableaux ont été dressés, au nombre de 17, contenant l'indication des diverses sections de lignes, classées d'après les déclivités et faisant connaître, pour chaque type de machines, quel tonnage (tare et chargement cumulés), devront au moins atteindre les véhicules munis de freins à vis à faire garder dans chaque train, suivant la vitesse limite autorisée en cas de retard et suivant la charge totale de ce train.

Déclivité maximum 9 mm. ou 10 mm.
Déclivité moyenne maximum 8 mm. ou 9 mm.

N° IV

SECTIONS DE

POITIERS A NIORT,
TONNAY-CHARENTE A SAINTES,
MARCENAIS A LIBOURNE,
CABARIOT AU CHAPUS,

FONTENAY-LE-COMTE A VELLUIRE,
CHATEAUDUN A PATAY,
LA ROCHELLE A LA PALLICE.

TYPES DES MACHINES	LIMITES DE VITESSE	TONNAGE REMORQUÉ A FREINER INDÉPENDAMMENT DU FREIN DE TÊTE POUR UN TONNAGE REMORQUÉ DE											
		100t	150t	200t	250t	300t	350t	400t	450t	500t	600t	700t	750t
		t.	t.	t.	t.	t.	t.	t.	t.	t.	t.	t.	t.
2000 ordinaires.	Jusqu'à 60 km.	6	8	10	13	15	—	—	—	—	—	—	—
2000 transformées.	Jusqu'à 60 km.	6	8	10	13	15	—	—	—	—	—	—	—
2600	Jusqu'à 55 km.	6	8	10	13	15	18	—	—	—	—	—	—
	— 60 —	6	8	10	13	15	20	—	—	—	—	—	—
2700 2750 2800 2850	Jusqu'à 60 km.	6	8	10	13	15	18	—	—	—	—	—	—
2900	Jusqu'à 55 km.	6	8	10	13	15	18	20	—	—	—	—	—
	— 60 —	6	8	10	13	15	18	26	—	—	—	—	—
3600	Jusqu'à 45 km.	6	8	10	13	15	18	20	23	25	30	—	—
	— 50 —	6	8	10	13	15	18	20	23	25	31	—	—
	— 55 —	6	8	10	13	15	18	20	23	25	38	—	—
	— 60 —	6	8	10	13	15	18	20	27	35	51	—	—
3700	Jusqu'à 45 km.	6	8	10	13	15	18	20	23	25	30	35	—
	— 50 —	6	8	10	13	15	18	20	23	25	30	36	—
	— 55 —	6	8	10	13	15	18	20	23	25	30	44	—
	— 60 —	6	8	10	13	15	18	20	23	27	43	59	—
3000 (à l'exception des deux machines 3009 et 3010)	Jusqu'à 50 km.	6	8	10	13	15	18	20	23	25	—	—	—
	— 55 —	6	8	10	13	15	18	20	23	29	—	—	—
	— 60 —	6	8	10	13	15	18	24	32	40	—	—	—
3009 et 3010	Jusqu'à 45 km.	6	8	10	13	15	18	20	23	25	—	—	—
	— 50 —	6	8	10	13	15	18	20	23	29	—	—	—
	— 55 —	6	8	10	13	15	18	21	28	35	—	—	—
	— 60 —	6	8	10	13	15	22	30	38	46	—	—	—
3100	Jusqu'à 45 km.	6	8	10	13	15	18	20	23	25	30	—	—
	— 50 —	6	8	10	13	15	18	20	23	25	32	—	—
	— 55 —	6	8	10	13	15	18	20	23	25	39	—	—
	— 60 —	6	8	10	13	15	18	20	28	36	52	—	—
4000	Jusqu'à 45 km.	6	8	10	13	15	18	20	23	25	30	35	38
0208 et 0209	Jusqu'à 30 km.	6	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0207 0221 à 0230 0231 à 0240	Jusqu'à 50 km.	6	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	— 55 —	6	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	— 60 —	6	13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0201 à 0204 0241 à 0250	Jusqu'à 45 km.	6	8	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	— 50 —	6	8	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	— 55 —	6	10	17	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	— 60 —	6	13	21	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0301 à 0310	Jusqu'à 50 km.	6	8	10	13	15	—	—	—	—	—	—	—
	— 55 —	6	8	10	13	17	—	—	—	—	—	—	—
	— 60 —	6	8	10	15	23	—	—	—	—	—	—	—
0311 à 0325	Jusqu'à 40 km.	6	8	10	15	15	—	—	—	—	—	—	—
	— 45 —	6	8	10	13	16	—	—	—	—	—	—	—
	— 50 —	6	8	10	16	22	—	—	—	—	—	—	—
	— 55 —	6	8	11	18	25	—	—	—	—	—	—	—

Nous reproduisons ci-contre, à titre de renseignement, un de ces tableaux, le tableau n° 4, applicable à quatre sections du réseau dont la déclivité maximum atteint 9 ou 10 millimètres.

Pour l'emploi de ces tableaux, les agents se conforment aux indications et recommandations ci-après, extraites des instructions officielles.

En tête de chaque tableau sont désignées les sections auxquelles sont applicables les chiffres inscrits dans les diverses colonnes; il y est mentionné également, d'une part, la déclivité maximum, et, d'autre part, la déclivité moyenne maximum commune à toutes ces sections. Ce dernier chiffre a été déterminé en tenant compte de la plus forte déclivité rencontrée sur chacune des sections considérées et de la longueur sur laquelle le train doit pouvoir être arrêté. Les Agents n'ont pas à se préoccuper de l'existence, sur certains points, de pentes et de rampes ayant une inclinaison plus forte que la déclivité moyenne maximum inscrite dans l'angle de gauche du tableau : cette moyenne y est mentionnée dans le but d'établir un terme de comparaison entre des sections qui, avec des profils en apparence très dissemblables et comportant même parfois des déclivités maxima différentes, sont néanmoins réunies dans le même tableau.

Les chiffres de tonnages remorqués, figurant en tête des 12 colonnes des tableaux, sont échelonnés d'abord de 50 en 50 tonnes jusqu'à 500 tonnes inclusivement ; puis les trois dernières colonnes sont affectées aux tonnages exceptionnels de 600, 700 et 750 tonnes.

On doit considérer comme tonnage remorqué le poids total (tare et chargement cumulés) de tous les véhicules attelés derrière la machine y compris le frein de tête, mais sans tenir compte de la machine elle-même et de son tender.

Lorsque le poids total remorqué, évalué dans ces conditions, n'est pas un multiple exact de 50 tonnes ou de 100 tonnes suivant le cas, le tonnage réel obtenu doit être obligatoirement arrondi au multiple immédiatement supérieur.

Une fois que le chiffre de tonnage remorqué a été fixé conformément aux indications de l'article 5 ci-dessus, il est facile, par l'examen du tableau en tête duquel se trouve désignée la section de marche du train, de connaître rapidement le nombre de tonnes à freiner dans ce train, suivant le type de la machine : il suffit pour cela de déterminer la vitesse à adopter.

Cette limite ne doit jamais être supérieure à 60 kilomètres pour les trains non munis du frein continu ; aussi, les tableaux ne comportent-ils d'indications que jusqu'à la vitesse de 60 kilomètres, pour les machines pouvant atteindre ou dépasser cette vitesse.

En vertu des Règlements, les Mécaniciens peuvent, en cas de retard, dépasser de moitié la vitesse nominale inscrite sur les tableaux de marche pour le train qu'ils conduisent, à la condition que la vitesse ainsi majorée soit inférieure ou au plus égale à la limite de vitesse imposée par les Ordres de Service en vigueur, en raison de l'état de la voie et du type des machines.

Il convient donc d'abord de consulter le tableau de marche du train et d'augmenter de 50 p. 100 la vitesse nominale inscrite sur ce tableau.

Si le chiffre ainsi obtenu est inférieur ou égal à la vitesse autorisée sur la section, sans dépasser 60 kilomètres, on l'adopte comme limite pour la détermination du poids à freiner. Dans le cas où la vitesse nominale majorée de moitié serait supérieure à la vitesse autorisée sur la section, c'est cette dernière elle-même qu'on devrait prendre comme limite, à la condition qu'elle ne dépasse pas elle-même 60 kilomètres.

On n'a plus dès lors qu'à se reporter au tableau relatif à la section considérée. Dans la première colonne, on s'arrêtera à la ligne qui correspond au chiffre de série type de la machine; en regard de ce chiffre, dans l'accolade de la deuxième colonne, on prendra la limite de vitesse égale ou immédiatement supérieure à celle obtenue en appliquant la règle donnée à l'alinéa précédent; on suivra alors la ligne horizontale correspondante, jusqu'à la rencontre de la colonne en tête de laquelle est inscrit le tonnage total remorqué

admis pour le train ; le chiffre trouvé au croisement de la ligne horizontale avec cette colonne représente le tonnage minimum à freiner en arrière du frein de tête.

Exemple. — Un train remorqué par une machine 2.700 est composé de véhicules représentant un tonnage total remorqué de 187 t. 4 ; il doit circuler entre Poitiers et Niort suivant une marche tracée à une vitesse nominale de 45 kilomètres.

D'après la règle énoncée plus haut, le tonnage total remorqué de ce train devra être considéré comme égal à 200 tonnes. En majorant de moitié la vitesse de 45 kilomètres, on obtient une vitesse limite de 60 kilomètres ; il convient donc de s'en tenir à la vitesse de 60 kilomètres, la vitesse autorisée sur la section étant supérieure à ce chiffre. Si on se reporte au tableau IV, on trouve, en regard de l'accolade correspondant au chiffre de série 2.700, dans la colonne relative au tonnage de 200 tonnes, sur la ligne horizontale qui contient la limite de 60 kilomètres, l'indication du chiffre de 10 tonnes. On devra donc, dans ce train, faire garder, en arrière du frein de tête, un nombre de véhicules à frein dont le poids total (tare et chargement cumulés) soit au minimum de 10 tonnes.

Les instructions prévoient en outre les différents cas qui peuvent se présenter dans la pratique courante du service, en ce qui concerne le choix judicieux des wagons à freiner, les modifications qui peuvent être apportées à la composition d'un train au cours de son trajet, les mesures à prendre en cas de dérangement survenu en cours de route aux trains munis du frein continu, etc.

On ne doit pas perdre de vue que, toutes les fois qu'on a à préparer ou à modifier la composition d'un train, une mesure prise avec discernement, quant au choix et au classement des wagons freinés, peut avoir une heureuse influence sur l'exécution du service, tant au point de vue de la sécurité qu'à celui de l'exploitation économique du chemin de fer.

Prix des freins. — On peut évaluer comme suit les prix d'installation des freins :

Frein Stilmant, par véhicule		125 fr.
Frein Westinghouse	par locomotive et tender	2500 —
	par véhicule	900 —

En outre, la dépense d'entretien du frein Westinghouse, par machine et par an, est d'environ 200 francs.

CINQUIÈME PARTIE

EXPLOITATION

L'administration d'un chemin de fer comprend l'ensemble des services nécessaires pour lui faire accomplir la fonction en vue de laquelle il a été établi, c'est-à-dire la circulation des trains et l'exécution des transports. Elle se compose généralement, sous l'autorité d'un directeur ou d'un comité de direction, des quatre grandes divisions suivantes :

1° La *direction*, comprenant le secrétariat général, la comptabilité, le contentieux.

2° La *voie et les travaux*, comprenant l'entretien et la surveillance de la voie, ainsi que les travaux de construction, qui sur certains réseaux constituent un service spécial ;

3° La *locomotion*, qui comprend la traction et l'entretien du matériel roulant ;

4° L'*exploitation* proprement dite.

Nous n'avons pas à nous occuper de la direction, dont les détails ne rentrent pas dans le cadre de cet ouvrage ; la voie, les travaux et la locomotion ont été traités, au point de vue technique, dans les chapitres relatifs à la voie, aux stations, au matériel roulant et à la traction ; il nous reste à nous occuper de la dernière partie, l'exploitation proprement dite.

Nous la diviserons en deux sections, savoir : le *mouvement*, qui comprend l'organisation de la circulation des trains et le service dans les gares, et l'*exploitation commerciale*, ou l'étude des tarifs.

L'exploitation comprend en outre diverses autres questions, telles que l'aménagement des gares et stations, les signaux et enclenchements, etc., qui ont été précédemment traitées[1].

[1] On trouvera dans le *Bulletin du Congrès international des chemins de fer* (février, avril 1895) une étude complète de l'organisation des services d'administration centrale et des services extérieurs sur les divers réseaux des différents pays.

LIVRE PREMIER

MOUVEMENT

Le mouvement est la partie technique de l'exploitation proprement dite ; il a pour objet l'organisation du service des trains, tant en marche sur les voies qu'en stationnement ou en formation dans les gares. Nous examinerons successivement les différentes questions qui se rattachent à ce service.

CHAPITRE PREMIER

CLASSEMENT ET FORMATION DES TRAINS

§ 1er. — Graphiques de la marche des trains. — Tableaux de marche. — Approbation ministérielle. — Livrets horaires. — Correspondance entre les trains.

§ 2. — Classement et nature des trains. — Trains réguliers, facultatifs, spéciaux, supplémentaires. Trains de service. — Trains de voyageurs, de marchandises et mixtes. — Trains légers, trains-tramways.

§ 3. — Formation des trains. — Règles à observer.

§ 1er. — GRAPHIQUES DE LA MARCHE DES TRAINS

L'étude du problème de la marche des différents trains qui circulent sur une ligne, avec des vitesses très inégales et dans les deux sens, serait fort compliquée sans l'emploi des procédés graphiques, qui permettent de représenter très commodément et de suivre, pour ainsi dire, d'un coup d'œil et à chaque instant la position relative de tous ces trains.

On forme un tableau, appelé *graphique de la marche des trains*, sur lequel on trace les courbes de marche de chacun d'eux. Pour cela on prend pour abscisses les heures et pour ordonnées les distances; les lignes qui joignent, aux heures réelles, les points de départ et d'arrivée représentent

les différents trains et l'inclinaison de ces lignes sur l'axe des temps donne leur vitesse.

Les trains dont les obliques sont les plus rapprochées de la verticale sont ceux qui marchent le plus vite.

On a l'habitude de tracer sur le même tableau les obliques qui représentent les trains circulant dans les deux sens. Sur les lignes à double voie, cette manière de faire n'a d'autre intérêt que de réunir et de mettre à la fois sous les yeux tout ce qui concerne le mouvement des trains sur la section considérée ; sur les lignes à voie unique, c'est indispensable, car il faut pouvoir s'assurer que les obliques inclinées en sens contraire se coupent en un point où il existe une voie d'évitement, c'est-à-dire sur l'horizontale d'une station.

Nous représentons (fig. 640) le graphique de la marche des trains sur la ligne de Paris à Château-du-Loir (réseau de l'État), qui comporte la double voie sur toute sa longueur (217 kilomètres). Ce tableau donne d'un côté les distances des stations entre elles et les distances cumulées depuis l'origine, de l'autre l'indication des prises d'eau (A^on^) et des dépôts (D), des machines de réserve (R) et des wagons de secours (W S) ; on y joint habituellement le profil en long de la ligne et quelquefois la longueur des voies de garage dans les stations.

Au moyen de ce tableau, il est facile de combiner la marche des différents trains, de manière à satisfaire aux conditions exigées par le trafic de la section et aux règles de l'exploitation dont nous allons parler tout à l'heure ; en particulier, on fait en sorte que, lorsqu'une oblique est sur le point de couper une oblique de même sens, mais plus inclinée, cette intersection se fasse sur l'horizontale d'une station, afin que le train le moins rapide puisse se garer pour laisser passer celui qui marche plus vite.

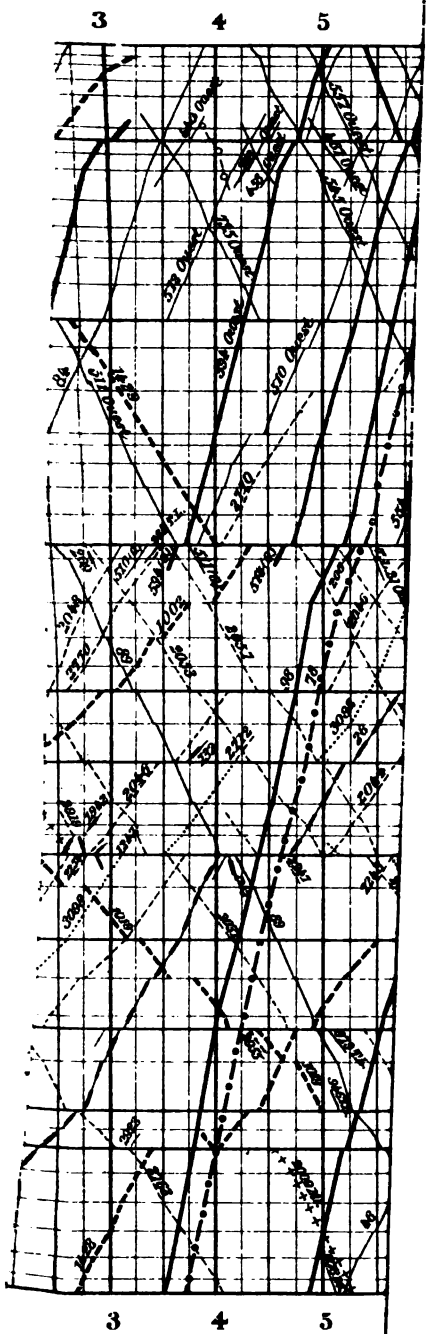
Les résultats donnés par les graphiques sont ensuite traduits en chiffres sur les tableaux de la marche des trains, qui donnent l'heure exacte de l'arrivée et du départ à toutes les stations, ainsi que les heures de passage des trains directs aux gares où ils ne s'arrêtent pas, aux signaux et aux bifurcations. Ces tableaux sont, de même que les graphiques, entre les mains du personnel du mouvement.

Les tableaux de la marche des trains ne deviennent exécutoires qu'après l'approbation du ministre des Travaux publics; cela résulte de l'article 43 de l'ordonnance de 1846 modifiée par le décret du 1er mars 1901.

D'après les dispositions anciennes de cet article les compagnies étaient tenues de communiquer ces tableaux, quinze jours au moins avant leur mise à exécution, aux fonctionnaires du contrôle et au ministre des Travaux publics, qui pouvait prescrire les modifications nécessaires pour la sûreté de la circulation ou pour les besoins du public.

DES TRAINS

Etat



y^ne période^es Mixtes

Facultatifs Directs

d^o

automoteur.

les di
leur
L
ceux
O
tent l
cette
sous
cons
s'ass
où il
l
la li
ble
les
gir
ne
m
ga

tr
ti
p
c
f

Mais la pratique n'a pas tardé à démontrer que le délai de quinze jours ci-dessus fixé est tout à fait insuffisant; il est absolument impossible aux fonctionnaires du contrôle d'examiner avec soin, et au ministre d'approuver dans ce court délai, les propositions faites en ce qui concerne la marche des trains, surtout quand elles comportent des modifications importantes. Diverses circulaires ont été adressées aux compagnies pour leur rappeler la nécessité de soumettre, assez longtemps à l'avance, leurs propositions à l'examen du service du contrôle; actuellement la question est réglée par une circulaire du 30 octobre 1886, qui a fixé, ainsi qu'il suit, les détails de présentation des propositions relatives au service des trains.

OBJET DES PROPOSITIONS	AVIS PRÉALABLE
Organisation des services d'été et d'hiver.	A l'administration supérieure et au contrôle, *un mois* à l'avance.
Modification de trains réguliers en cours de saison.	A l'administration supérieure et au contrôle, *quinze jours* à l'avance.
Mise en marche de trains extraordinaires ou spéciaux ne contenant qu'une voiture à voyageurs.	Au contrôle seulement, dès que l'expédition est décidée.
Mise en marche de trains extraordinaires ou spéciaux contenant plus d'une voiture à voyageurs.	A l'administration supérieure et au contrôle, *huit jours* à l'avance.
Transformation d'un train régulier de marchandises en train facultatif, ou réciproquement.	A l'administration supérieure et au contrôle, dès que le changement est décidé.
Mise en marche de train de ballast, de travaux, etc.	Néant.

La circulaire ajoute que le ministre refusera de statuer sur toutes les propositions qui lui seraient soumises en dehors des conditions de délai ci-dessus fixées.

En outre, une circulaire du 26 janvier 1903 a décidé, sur la proposition même des compagnies, que, pour faciliter la tâche du service du contrôle, l'administration supérieure serait informée, *deux mois à l'avance*, des principales modifications qu'elles auraient l'intention de proposer (créations ou suppressions de trains, changements d'horaires, etc.).

L'article 43 du décret du 1er mars 1901 spécifie, d'ailleurs, que si, à la date annoncée pour la mise en vigueur de nouveaux horaires, le ministre n'a pas notifié à la compagnie son opposition, ces horaires pourront être appliqués à titre provisoire. Il ajoute qu'à toute époque, le ministre des Travaux publics pourra prescrire d'apporter aux horaires des trains les modifications

ou additions qu'il jugera nécessaires pour la sûreté de la circulation ou les besoins du public.

L'État possède donc, en principe, le droit d'imposer aux compagnies une marche des trains qui réponde à ces deux conditions, lorsque celle qui lui est proposée ne lui paraît pas telle. Malheureusement, dans la pratique, le pouvoir de l'État s'exerce assez malaisément et il n'est pas rare de voir, encore actuellement, aux points de jonction de deux réseaux voisins, des correspondances de trains établies dans des conditions qui ne répondent que d'une façon bien médiocre aux besoins du public.

L'article 43 du même décret ajoute que les horaires des trains transportant des voyageurs devront être portés à la connaissance du public, avant leur mise en vigueur, par des affiches placées dans les gares; ces affiches doivent mentionner ceux des trains contenant des voitures de toutes classes pour lesquels la compagnie sera dispensée de faire le service des messageries.

En fait, la difficulté de placarder ces affiches, généralement très grandes, dans des conditions qui en rendent la consultation facile, a conduit certains réseaux (le Nord, l'État) à les remplacer, avec l'autorisation ministérielle, par des *livrets horaires des trains de voyageurs*, qui sont mis à la disposition du public dans toutes les gares et qui, placés sur des tablettes-pupitres disposées à cet effet, sont beaucoup plus faciles à consulter. Ces livrets indiquent les correspondances, non seulement avec les trains du réseau qu'ils concernent, mais avec ceux du réseau voisin.

Ces livrets horaires, qui sont de création relativement récente, paraissent donner satisfaction au public.

Correspondance entre les trains. — En application d'une circulaire ministérielle du 10 novembre 1900, il a été établi pour chaque train passant à une gare de bifurcation ou de jonction, un *délai d'attente* permettant d'assurer les correspondances en cas de retard. En règle générale ce délai d'attente est :

Nul pour les trains rapides;

De cinq minutes pour les trains express;

De dix minutes pour les autres trains.

Des dérogations sont d'ailleurs apportées à cette règle générale et portées à la connaissance du public par le moyen des livrets horaires, toutes les fois qu'il y a intérêt à augmenter les délais d'attente réglementaires.

En outre, lorsqu'un train arrive en retard à une des gares ci-dessus indiquées et fait ainsi manquer la correspondance à vingt voyageurs au moins, ce train doit, si la gare possède le matériel et le personnel nécessaires, être prolongé par un train extraordinaire permettant aux voyageurs d'arriver à

leur destination, à moins qu'un autre train prévu au livret de marche ne puisse assurer à ces voyageurs toutes les correspondances que leur procurerait le train extraordinaire de continuation.

Cette règle s'applique, non seulement aux bifurcations intérieures de chaque réseau, mais encore aux gares de jonction des réseaux entre eux.

Sauf les exceptions mentionnées sur le livret horaire, deux trains doivent être considérés comme étant en correspondance lorsque l'heure réglementaire d'arrivée du premier et celle du départ du second sont séparées par un intervalle de cinq minutes au moins et de deux heures au plus.

§ 2. — CLASSEMENT ET NATURE DES TRAINS

Au point de vue des conditions de leur mise en marche, les trains peuvent se diviser en cinq catégories savoir :

Les *trains réguliers ;*
Les *trains facultatifs ;*
Les *trains spéciaux ;*
Les *trains supplémentaires ;*
Les *trains de service.*

Les premiers sont ceux dont l'itinéraire et les jours de marche sont fixés par le tableau de la marche des trains ; tout doit être disposé de manière que ces trains trouvent, autant que possible, la voie libre devant eux d'un bout à l'autre de la ligne.

Les trains facultatifs sont également prévus au tableau de marche, mais sans fixation des jours où ils doivent circuler ; ils ne sont lancés que lorsque les besoins du service l'exigent. Sur toutes les lignes, des trains facultatifs sont prévus au tableau de marche en nombre suffisant pour répondre aux besoins du trafic. Leur mise en marche est annoncée à l'avance aux gares, soit par un avis écrit, soit par le télégraphe ; elle est signalée aux agents de la voie par des signaux (drapeaux ou lanterne) placés en queue du train précédent.

En général, ces trains n'ont lieu qu'avec l'autorisation du chef de l'exploitation ou des inspecteurs principaux ; mais ces derniers peuvent déléguer à certains agents (inspecteurs ou chefs de grandes gares) l'autorisation nécessaire pour les expédier.

Les trains spéciaux ne sont pas prévus au tableau de marche ; ce sont, par exemple, des trains de plaisir, des trains militaires, quelquefois des trains demandés par des particuliers. On les annonce, autant que possible, à l'avance, en réglant leur marche par un itinéraire écrit, qui prévoit les

différentes circonstances de leur trajet; ce travail se fait facilement au moyen du graphique. En cas d'urgence et lorsqu'il n'est pas possible de porter à la connaissance des agents la marche du train spécial, le départ ou le passage de ce train est signalé, au moyen du télégraphe, par l'agent de chaque poste à celui du poste suivant.

Les trains supplémentaires sont ceux que l'on établit pour doubler les trains réguliers, lorsque l'affluence des transports rend ceux-ci insuffisants; ils portent le même numéro que les trains qu'ils doublent, en y ajoutant l'indication *bis*, *ter*, etc. et ils les suivent à un intervalle qui ne peut être inférieur à dix minutes, en s'arrêtant aux mêmes stations qu'eux. Les trains supplémentaires sont annoncés par les trains réguliers qui les précèdent au moyen d'un drapeau ou d'un feu vert placé sur le dernier wagon du côté de l'entre-voie; leur expédition est en outre, annoncée, de poste en poste, par le télégraphe.

Enfin, les trains de service sont ceux qui servent à effectuer des transports de terre, de rails, de ballast, de matériaux, de combustibles nécessaires pour les besoins des différents services de l'exploitation et de la construction. Ce sont les seuls qui peuvent n'être pas assujettis à suivre une marche déterminée à l'avance; ils circulent dans ce cas suivant les besoins et en tenant compte, bien entendu, de la marche des trains réguliers, qu'ils ne doivent pas entraver. Dans ce but, l'agent qui les conduit, et qu'on nomme *chef de transport*, est muni d'un tableau de marche de la section et il doit combiner ses mouvements de manière à ne pas retarder les trains qui figurent sur ce tableau. Un train de service n'est, d'ailleurs, mis en circulation qu'après accord intervenu entre les trois services de la voie, de l'exploitation et de la traction.

Au point de vue de la nature des transports qu'ils effectuent, les trains se divisent en trois catégories, savoir :

Les *trains de voyageurs;*

Les *trains de marchandises;*

Les *trains mixtes.*

Les trains de voyageurs sont ceux qui transportent seulement les voyageurs, leurs bagages et les colis de la messagerie, c'est-à-dire les marchandises de grande vitesse; ce sont, en général, des trains réguliers. Quelques-uns d'entre eux cependant, tout en étant réguliers, ont des heures de départ variables; tels sont les trains de marée, qui correspondent, dans les ports de mer de l'Océan, avec les paquebots, dont l'arrivée et le départ sont soumis à des variations résultant de la marée. Des trains de voyageurs facultatifs sont, en outre, prévus sur certaines lignes, pour les jours d'affluence du public, par exemple les dimanches et jours fériés.

Les trains de voyageurs peuvent aussi transporter des marchandises de

petite vitesse, mais sous certaines conditions s'appliquant, soit à la construction des wagons, soit à la vitesse de marche des trains, et sous réserve qu'ils ne feront dans les gares aucune manœuvre pour prendre ou laisser des marchandises. Sur le réseau de l'État les wagons de marchandises dont le poids du chargement dépasse 6 tonnes ne peuvent être attelés aux trains de voyageurs que si leur vitesse prévue au tableau de marche n'est pas supérieure à 50 kilomètres à l'heure. Dans ce cas, la vitesse du train ne doit pas, même en cas de retard, dépasser 60 kilomètres.

Les trains de marchandises, spécialement affectés au transport des marchandises de petite vitesse, se divisent en trains directs et en trains omnibus. Les premiers ont, en général, leur chargement complet au départ et ne desservent que les stations les plus importantes ; les trains omnibus font le service de détail de gare en gare.

Quant aux trains mixtes, ce sont des trains qui font à la fois le service des voyageurs et celui des marchandises transportées en grande et en petite vitesse. Ces trains, qui ne circulent que sur les lignes à faible trafic, sont fort désagréables pour les voyageurs, à qui ils imposent dans les stations des stationnements parfois très longs, à cause des manœuvres que nécessite la manutention des wagons de marchandises ; mais ils rendent de grands services, en permettant une exploitation économique de ces lignes.

Depuis quelques années, les compagnies ont été autorisées à ajouter aux trains de marchandises un certain nombre de voitures à voyageurs et à constituer ainsi ce qu'on appelle des trains de *marchandises-voyageurs ;* ils permettent également une exploitation économique des petites lignes et se distinguent des trains mixtes en ce qu'ils ne sont pas attendus par les trains correspondants, de sorte qu'en cas de retard, la correspondance n'est généralement pas garantie.

Signalons enfin une catégorie de trains désignés sous le nom de *trains légers*, dont le premier essai a été fait en France sur le réseau de l'État et dont la mise en circulation a été réglementée par un décret du 7 mars 1889, aujourd'hui abrogé et remplacé par l'article 18 du décret du 1er mars 1901. Ces trains peuvent être substitués aux trains ordinaires, sur les lignes à faible trafic, dans un but d'exploitation économique ; ils peuvent aussi être intercalés entre les trains existants, par exemple dans la banlieue des grandes villes, de manière à améliorer le service des lignes très chargées.

Les trains légers sont ceux dont les véhicules sont portés par seize essieux au plus ; ils peuvent être remorqués soit par une locomotive, soit par un moteur contenu dans un des véhicules ; dans ce dernier cas, les essieux de la voiture motrice comptent dans le nombre de seize. Pour tous ces trains, l'obligation d'avoir sur la machine un mécanicien et un chauffeur se trouve supprimée, sous la réserve que le conducteur chef de train se tiendra habi-

tuellement, soit sur la machine, soit dans la première voiture du train et qu'il pourra, dans tous les cas, accéder facilement à la machine et sera en état de l'arrêter en cas de besoin. En outre, la première voiture à voyageurs peut être attelée directement à la machine sans interposition d'un fourgon.

Les trains légers peuvent également comporter des wagons à marchandises; dans ce cas, si tous les véhicules à voyageurs et à marchandises dont se compose le train sont munis du frein continu ou au moins de la conduite générale, ce train est affranchi de l'obligation d'avoir sur le dernier véhicule ou sur l'un des derniers véhicules un conducteur spécial chargé de la manœuvre du frein.

La mise en circulation des trains légers est relativement récente sur les chemins de fer français; les *trains-tramways* organisés par la compagnie du Nord depuis 1885 et s'arrêtant à des points intermédiaires entre les stations, tels que les passages à niveau, sans installations spéciales ni personnel pour les billets, ne sont qu'un cas particulier des trains légers. On comprend que la réduction de personnel que permet l'organisation de ces trains est de nature à amener une économie importante dans l'exploitation et qu'ils peuvent rendre de grands services, principalement sur les lignes à faible trafic.

Des trains de même nature circulent également sur d'autres lignes, notamment sur le réseau de l'État, où ils desservent la banlieue de Nantes et celle de Bordeaux.

Nous reproduisons ci-après, à titre de renseignement, les dispositions du règlement du réseau de l'État en ce qui concerne le service des trains légers[1].

Article premier. — Des trains à composition réduite, dits *trains légers*, peuvent être mis en circulation sur toutes les sections du réseau suivant les indications des tableaux de la marche des trains approuvés par le ministre des Travaux publics.

Ces trains sont spécialement désignés dans les tableaux de marche par la mention : *Trains légers* (*T. L.*).

Art. 2. — Les trains légers sont astreints aux obligations des trains de voyageurs ordinaires, c'est-à-dire que chacun d'eux doit exécuter tous les transports de grande vitesse qui lui sont imposés par le livret de la marche des trains approuvé par le ministre des Travaux publics.

Les trains légers peuvent d'ailleurs transporter des marchandises de petite vitesse lorsque leur composition le permet.

Art. 3. — Le nombre d'essieux des véhicules entrant dans la composition d'un train léger ne peut, en aucun cas, excéder seize ; dans ce nombre ne sont pas compris les essieux de la machine et du tender.

Le nombre des essieux non munis du frein continu ne peut excéder huit, sans toutefois

[1] Ce règlement a été approuvé par décisions ministérielles des 4 novembre 1889, 6 juin 1902 et 21 juillet 1903.

que le nombre des véhicules non munis du frein continu puisse dépasser le chiffre qui correspond à un seul frein servi, d'après la vitesse du train et le profil de la ligne, chiffre déterminé par les règlements généraux. Les véhicules non munis du frein continu sont attelés en queue du train ; toutefois, lorsqu'ils sont pourvus de la conduite générale, ils peuvent être intercalés dans le train, parmi les véhicules munis du frein continu.

Lorsque le chiffre de seize essieux est dépassé, le train perd son caractère de train léger et devient train ordinaire.

Art. 4. — Dans tout train léger, la première voiture contenant des voyageurs peut être attelée directement à la machine, sans interposition de fourgon.

Art. 5. — Conformément à l'article 18 du règlement d'administration publique sur la police, la sûreté et l'exploitation des chemins de fer (Ordonnance du 15 novembre 1846, modifiée par le décret du 1er mars 1901), l'obligation d'avoir sur la machine un mécanicien et un chauffeur n'est pas applicable aux trains légers, à la condition que le conducteur chef du train se tienne habituellement soit sur la machine, soit dans le premier véhicule du train, qu'il puisse dans tous les cas accéder facilement à la machine et qu'il soit en état de l'arrêter en cas de besoin.

Art. 6. — Lorsque les véhicules à voyageurs et à marchandises dont se compose un train léger sont tous munis du frein continu, ou au moins de la conduite générale, ce train est affranchi de l'obligation d'avoir sur le dernier véhicule ou sur l'un des derniers véhicules un conducteur spécial chargé de la manœuvre du frein.

Art. 7. — Quand la machine n'est pas facilement accessible au conducteur chef de train pendant la marche, le personnel de la machine doit obligatoirement comprendre un mécanicien et un chauffeur.

Dans ce cas, si tous les véhicules sont munis du frein continu ou au moins de la conduite générale, le conducteur peut prendre place dans un véhicule quelconque, pourvu que ce véhicule possède le robinet d'arrêt du frein continu, cet appareil lui servant de moyen de communication avec le mécanicien.

Dans le même cas, si des véhicules non munis du frein continu sont attelés en queue du train, le conducteur doit prendre place dans l'un des deux derniers véhicules du train qui doit être pourvu d'un frein à vis : le conducteur assure le service de ce frein, il est mis en communication avec le mécanicien par la cloche du tender, sur laquelle il agit au moyen d'un cordeau.

Le véhicule dans lequel prend place le conducteur peut être séparé des voitures à voyageurs par des véhicules n'ayant ni marchepied, ni main courante et ne permettant pas la circulation le long du train.

Art. 8. — En exécution des dispositions qui précèdent, le personnel d'un train léger peut être réduit conformément aux indications suivantes :

1er *cas*. — La machine est, pendant la marche, facilement accessible au conducteur, et tous les véhicules du train sont munis du frein continu (1 mécanicien, 1 conducteur).

2e *cas*. — La machine est, pendant la marche, facilement accessible au conducteur, et les véhicules ne sont pas tous munis du frein continu (1 mécanicien, 2 conducteurs ou bien 1 mécanicien, 1 chauffeur, 1 conducteur).

3e *cas*. — La machine n'est pas, pendant la marche, facilement accessible au conducteur, mais les véhicules sont tous munis du frein continu (1 mécanicien, 1 chauffeur, 1 conducteur).

4e *cas*. — La machine n'est pas, pendant la marche, facilement accessible au conducteur, et les véhicules ne sont pas tous munis du frein continu (1 mécanicien, 1 chauffeur, 1 conducteur, en queue).

Art. 9. — Dans toutes les circonstances où, en vertu des règlements en vigueur, un train doit être couvert seulement à l'arrière, c'est le conducteur chef du train léger qui

doit immédiatement se porter en arrière pour faire, à la distance réglementaire, les signaux d'arrêt qui doivent protéger son train.

S'il y a lieu de protéger le train dans les deux sens, le conducteur chef du train se porte à l'arrière, comme il est dit dans l'alinéa précédent, après avoir prescrit au mécanicien de faire couvrir le train à l'avant par son chauffeur. Si le personnel de la machine est réduit au mécanicien seul, cet agent se porte à l'avant après avoir fermé et condamné le régulateur de sa machine et pris ses dispositions pour empêcher la pression de monter.

Art. 10. — Pendant l'arrêt dans les gares et haltes, le conducteur se tient dans le fourgon ou le compartiment-fourgon pour veiller à l'inscription sur sa feuille de marche des indications réglementaires et faire le service des colis et des valeurs.

Le chauffeur doit descendre de la machine et aider à la manutention des colis.

L'ouverture et la fermeture des portières, ainsi que l'appel du nom de la gare ou de la halte sont faits par le personnel de la gare ou de la halte.

Pendant les arrêts en des points où il n'existe pas d'installations spéciales et où il n'est pris et laissé que des voyageurs sans bagages et sans chiens, le service est assuré par le conducteur chef du train.

Art. 11. — Dans le cas où, à partir d'une gare quelconque, la *composition du train excède la limite fixée à l'article* 3, *l'interposition d'une voiture ne portant pas de voyageurs* entre la machine et la première voiture de voyageurs *devient obligatoire*.

Si le personnel de la machine était primitivement réduit au mécanicien seul, le conducteur remplit à partir de cette gare les fonctions de chauffeur et la gare fournit, en se conformant aux prescriptions des règlements en vigueur, le nombre d'agents nécessaires pour remplir les fonctions de conducteurs.

S'il y avait un chauffeur sur la machine, le conducteur chef de train reste chargé du service d'un frein. La gare fournit les autres conducteurs, ainsi qu'il est dit au paragraphe précédent.

Si la gare se trouve dans l'impossibilité absolue de fournir le supplément de personnel nécessaire, le conducteur prévient le mécanicien que la vitesse du train ne doit pas, même en cas de retard, dépasser 40 *kilomètres à l'heure*. Le frein placé sur l'une des deux dernières voitures doit, dans ce cas, être toujours servi.

Le train continue sa marche, à cette vitesse réduite, jusqu'à la gare où il peut être muni des agents nécessaires pour servir le nombre de freins à vis réglementaire.

Art. 12. — Si, par suite d'avaries survenues en cours de route au frein continu, *plus de huit essieux ne sont plus soumis à l'action de ce frein*, le train *perd le caractère de train léger*. La vitesse du train ne doit pas dépasser, même en cas de retard, 40 *kilomètres à l'heure*, ainsi qu'il est expliqué dans les deux derniers paragraphes de l'article 11, tant que le personnel du train n'a pu être complété suivant les prescriptions réglementaires.

§ 3. — FORMATION DES TRAINS

Tous les trains sont formés dans les stations, sous l'autorité et sous la responsabilité des chefs de gare.

Pour les trains de marchandises, il n'y a d'autre limite au nombre des wagons que celle qui résulte de la puissance des machines employées à les remorquer; nous avons vu, en faisant l'étude de la traction, comment on détermine la charge que peut traîner une locomotive à une vitesse et sur une section données. Il existe, dans toutes les gares de formation, un tableau, dit tableau des charges, indiquant, pour chaque section de ligne et pour les

différentes vitesses, le nombre de wagons que l'on peut faire remorquer par chaque type de machine; le chef de gare n'a qu'à se conformer à ce tableau[1].

Pour les trains de voyageurs les règlements de l'exploitation fixent habituellement à 24 le nombre maximum des voitures de ces trains. Il n'est fait exception à cette règle que pour les trains exclusivement affectés à des transports de troupes; ces derniers trains peuvent être composés de 35 véhicules, lorsque la vitesse normale de marche ne dépasse pas 40 kilomètres à l'heure, et de 50 véhicules, dans le cas où cette vitesse ne dépasse pas 30 kilomètres à l'heure.

Le maximum de 24 voitures, autrefois fixé par l'ordonnance de 1846, a été établi à une époque où la puissance des machines était loin d'être ce qu'elle est aujourd'hui et il est bien certain qu'avec les locomotives actuelles, on pourrait facilement remorquer des trains de voyageurs de plus de 24 voitures. Mais il faut considérer que les installations des gares ont été faites en vue de ce maximum et que, pour le dépasser, autrement qu'à titre exceptionnel, il faudrait priver une partie des voyageurs des commodités que ces installations ont pour but de réaliser, trottoirs, abris couverts, etc. D'ailleurs un train de 24 voitures peut contenir environ 800 personnes; c'est un nombre fort élevé, qui est rarement atteint et plus rarement dépassé. Quand les besoins du trafic conduisent à mettre dans un train plus de 24 voitures, ce qu'il y a de mieux à faire, c'est de diviser le train, ce qui a l'avantage de procurer aux voyageurs une plus grande variété dans les heures du départ.

En général, les trains mixtes, comme les trains de voyageurs, ne doivent pas être composés de plus de 24 véhicules. Toutefois, ceux dont la vitesse normale de marche ne dépasse pas 40 kilomètres à l'heure peuvent en contenir jusqu'à 30; mais, dans ce cas, la vitesse accidentelle de marche ne doit jamais dépasser le maximum absolu de 50 kilomètres à l'heure.

Le nombre des véhicules du train étant déterminé, il faut y mettre le nombre de freins gardés qui sont nécessaires, suivant sa vitesse et les déclivités des lignes qu'il doit parcourir. Nous avons vu précédemment les règles qu'on doit suivre à cet égard. On choisit, bien entendu, pour y mettre des gardes-freins, les wagons les plus chargés, puisque l'action d'un frein est, comme nous l'avons vu, proportionnelle au poids du véhicule sur lequel il agit. On a soin, en outre, de répartir les freins gardés à peu près uniformé-

[1] On trouvera aux Annexes du présent volume :

1° Une note (de 1890) sur le mode d'établissement des tableaux de marches-types sur le réseau d'Orléans, note dont nous devons la communication à l'obligeance de M. Ernest Polonceau, alors ingénieur en chef du matériel et de la traction de ce réseau;

2° Un extrait des ordres de service qui, sur le réseau de l'Etat, servent à déterminer la charge des trains et fixent les règles qui président à leur formation et à leur composition.

ment sur la longueur du train et surtout d'en placer un à la dernière ou à l'une des dernières voitures, conformément aux prescriptions réglementaires. Cette précaution est indispensable pour que, dans le cas où il se produirait une rupture d'attelage, la partie du train laissée en arrière ne soit pas exposée à être entraînée sur une rampe, et qu'elle ait toujours au moins un agent pour la servir et la protéger par des signaux contre des trains qui pourraient survenir.

Quant à l'ordre des wagons qui composent les trains, aucune règle n'est fixée par l'administration supérieure en ce qui concerne les trains de marchandises ; on place les différents véhicules qui les composent de manière à faciliter les manœuvres qu'on aura à faire en cours de route, pour prendre ou laisser des wagons aux stations.

Les règles suivies à ce point de vue diffèrent suivant qu'il s'agit de trains de section ou de direction.

On entend par trains de section ceux qui sont destinés à assurer le service des diverses gares situées sur la section de formation à laquelle ils se rattachent.

Les trains de direction, qui n'existent que sur certaines lignes principales, sont destinés à desservir les relations à grande distance et à alimenter les gares de formation situées sur leurs parcours pour la composition des trains de section partant de ces gares.

Les wagons entrant dans la composition des trains de section sont classés géographiquement, c'est-dire en suivant l'ordre de succession des gares desservies, et en plaçant vers la tête ceux qui sont à destination des gares les plus voisines de la gare de formation. Les wagons pour une gare de bifurcation et les lignes qui s'en détachent ne forment qu'un seul lot, sans classement intérieur ; il en est de même pour les wagons destinés à la gare terminus du train et à ses au-delà.

Dans les trains de direction, le classement s'effectue par lots correspondant aux diverses gares desservies, chaque lot ne comportant aucun classement intérieur. Les lots sont d'ailleurs classés les uns par rapport aux autres dans les mêmes conditions que les trains de section, c'est-à-dire dans l'ordre géographique.

Dans les trains de voyageurs l'ordre des voitures est arbitraire ; mais on doit toujours placer, entre le tender et la première voiture occupée, un fourgon à bagages ; autrefois, l'ordonnance de 1846 prescrivait d'intercaler entre le tender et la première voiture à voyageurs, autant de fourgons qu'il y avait de locomotives attelées. Cette prescription avait pour but d'atténuer les conséquences des accidents qui pouvaient se produire en route ; elle a été reconnue pratiquement sans intérêt et le décret de 1901 a réduit à un le nombre des fourgons à placer en tête du train dans tous les cas.

Cette règle ne s'applique ni aux trains légers, ni aux trains de secours, ni aux trains de composition spéciale qui pourront en être dispensés par le ministre des Travaux publics.

D'ailleurs les trains de voyageurs ne doivent, en principe, être remorqués que par une seule locomotive, sauf dans les cas où l'emploi d'une machine de renfort devient nécessaire, soit pour la montée d'une rampe de forte inclinaison, soit par suite d'une affluence extraordinaire de voyageurs, de l'état de l'atmosphère, d'un accident ou d'un retard exigeant l'emploi de secours ou de tout autre cas préalablement déterminé par le ministre des Travaux publics. Il est dans tous les cas, sauf le cas de secours, interdit d'atteler simultanément plus de deux locomotives à un train de voyageurs (art. 20 de l'ordonnance de 1846).

Dans les trains mixtes, les voitures des voyageurs sont en principe placées en queue, afin qu'on n'ait pas à les déplacer dans les manœuvres de gares. En général le nombre des véhicules y est limité à 24, comme pour les trains de voyageurs ; il y a cependant des exceptions à cette règle ; ainsi, sur le réseau de l'État, les trains mixtes dont la vitesse normale de marche ne dépasse pas 40 kilomètres à l'heure sont assimilés à des trains de marchandises contenant des voyageurs et leur composition peut être portée à 30 véhicules ; mais, dans ce cas, la vitesse de marche ne doit jamais dépasser le maximum absolu de 50 kilomètres, même en cas de retard.

Quelle que soit la nature du train remorqué, la locomotive doit toujours être attelée en tête : il ne peut être dérogé à cette règle que pour les manœuvres à exécuter dans les gares ou dans leur voisinage ou en cas de secours ou de renfort (art. 19 de l'ordonnance de 1846).

Les locomotives doivent, en outre, avoir leur cheminée tournée en avant, sauf dans certains cas prévus par les règlements particuliers des compagnies et approuvés par l'administration. Sur le réseau de l'État, les locomotives ne peuvent, à moins d'autorisation spéciale, circuler cheminée en arrière que dans les circonstances ci-après :

1° Service des trains réguliers de 30 kilomètres au plus de parcours ;

2° Renfort aux trains ;

3° Service de secours ;

4° Manœuvres dans les gares ou dans le voisinage des gares ;

5° Distribution et reprise du matériel aux embranchements particuliers situés en dehors des gares ;

6° Traction des trains de service ;

7° Circulation des machines isolées.

Lorsqu'il y a double traction, la seconde locomotive peut être attelée, soit immédiatement après la première, soit en queue du train. Cette dernière position a un avantage très important sur les lignes à forte rampe ; elle pré-

vient, en général, les ruptures d'attelage et, dans le cas où il s'en produit, elle les rend inoffensives en empêchant les marches en dérive et les collisions désastreuses qui peuvent en résulter. Mais la machine de renfort en queue n'est admissible qu'à de faibles vitesses, à cause de la difficulté qu'il y a, pour les mécaniciens séparés par un intervalle assez considérable, à réaliser des actions absolument concordantes ; l'ordonnance de 1846 limitait autrefois à 25 kilomètres à l'heure la vitesse d'un train poussé par une machine ; d'après les prescriptions actuelles la vitesse ne doit pas dépasser des limites fixées dans chaque cas par le ministre des Travaux publics. En somme, sur les pentes modérées, la double traction se fait au moyen de deux machines placées en tête ; sur les fortes rampes, la considération des attelages à ménager et des ruptures à éviter doit toujours faire placer la seconde machine en queue. Bien entendu, la position de cette machine est toujours réglée à l'avance sur chaque ligne par le service de la traction et le chef de gare n'a qu'à se conformer aux prescriptions arrêtées à cet égard.

Un train est toujours accompagné par le nombre de conducteurs nécessaires pour assurer son service. Un de ces conducteurs est désigné comme *chef de train* et il a autorité sur tous les autres ; il a également autorité sur le mécanicien pendant la marche, ainsi que pour l'exécution des manœuvres lors des arrêts et pour les mesures à prendre en cas de dérangement dans la marche du train. Le chef de train doit être placé dans la première voiture à frein ; une corde fixée par une de ses extrémités à son wagon et par l'autre à la cloche du tender, lui permet de communiquer à tout moment avec le mécanicien et de lui prescrire l'arrêt, lorsqu'il le juge nécessaire.

CHAPITRE II

CIRCULATION DES TRAINS

§ 1er. — Circulation à double voie. — Exploitation dans le système de la voie ouverte ou de la voie fermée. — Précautions diverses à observer pendant la marche. — Passage aux bifurcations. — Arrêt en pleine voie. — Détresse. — Demande de secours. — Espacement des trains. — Protection par le temps. — Insuffisance de la protection par le temps. — Définition du block-system, absolu, permissif. — Emploi du block-system en France. — Appareils Regnault de l'Ouest. — Appareils Tyer-Jousselin du P.-L.-M. — Électro-sémaphores Lartigue, Tesse et Prudhomme de la compagnie du Nord. — Réseaux de l'Est et de l'Orléans. — Appareils du réseau de l'Etat. — Conditions d'application du block-system. — Block automatique, système Hall; son emploi sur le réseau du Midi. — Emploi du block-system en Angleterre. — Conclusion. — Le déclenchement des trains en marche.

§ 2. — Circulation à voie unique. — Système de la demande de voie. — Exception en ce qui concerne les trains réguliers. — Dédoublement d'un train sur la voie unique. — Train en détresse. — Cloches électriques. Système Siemens et Halske. Système Léopolder. — Prescriptions réglementaires relatives à leur emploi. — Règlement du réseau de l'Etat. — Block-system pour voie unique. — Bâton-pilote. — Bâton-pilote électrique.

§ 3. — Circulation temporaire à voie unique sur les lignes à double voie. — Pilotage.

§ 4. — Circulation des trains aux Etats-Unis. — Le *trains-despatcher*. — Le droit à la voie. — Emploi du téléphone.

Les règles de la circulation des trains sont différentes suivant qu'ils empruntent une ligne à double voie ou une ligne à voie unique; nous les exposerons en distinguant ces deux cas. Nous traiterons ensuite de la circulation temporaire à voie unique sur les lignes à double voie, qui s'effectue d'après des règles spéciales.

§ I. — CIRCULATION A DOUBLE VOIE

Règles de la circulation a double voie. — En France, l'exploitation des chemins de fer sur les lignes à double voie se fait généralement d'après le système dit de la *voie ouverte*, par opposition à celui de la *voie fermée*, qui est usité dans plusieurs pays étrangers.

La règle générale de la circulation, dans le système de la voie ouverte, c'est que la voie est habituellement libre et les signaux avancés des gares

normalement effacés. Ils ne sont tournés à l'arrêt que lorsqu'il y a sur la voie un obstacle à la circulation ; par conséquent, en un point quelconque de la voie *qui n'est pas couvert par un signal*, on doit s'attendre à tout moment à voir survenir un train.

Dans le système de la voie fermée, au contraire, la voie est habituellement couverte par des signaux et ceux-ci ne sont effacés, pour autoriser la circulation, que sur la demande spéciale qui en est faite.

Sur les lignes à double voie, la circulation des trains a lieu, en règle générale, sur la voie de gauche, dans le sens de la marche ; et les signaux destinés à assurer la sécurité ne sont faits qu'en vue du mouvement des trains dans ce sens. Il ne peut être fait exception à cette règle que dans des manœuvres de gares ou, en pleine voie, dans des cas spéciaux de détresse ou de secours, comme il sera expliqué plus loin.

C'est, comme on le voit, le contraire de l'usage suivi sur les routes, où les voitures doivent prendre habituellement leur droite. On pense que cette règle de la circulation des trains est une conséquence de l'habitude qu'ont les voitures, en Angleterre, de prendre toujours la gauche sur les routes ; les chemins de fer, au moment où ils ont été établis dans ce pays, ont naturellement adopté le même usage et celui-ci s'est à son tour introduit en France, quand les chemins de fer y ont été importés à l'imitation de l'Angleterre[1].

Considérons, par conséquent, un train circulant sur la voie de gauche d'une ligne à deux voies. Si ce train s'éloigne de l'origine de la ligne, il porte un numéro *impair* et la voie qu'il parcourt s'appelle *voie* 1. Si, au contraire, le train parcourt la ligne en se rapprochant de son origine, il porte un numéro *pair* et la voie qu'il suit s'appelle *voie* 2. Ce train est, d'ailleurs, muni d'une feuille de marche, qui lui indique les arrêts réguliers qu'il doit observer.

Le signal de départ ayant été donné par le chef de gare ou son suppléant, au moyen d'un coup de sifflet de poche, et répété par le conducteur de tête, au moyen d'un coup de cornet, le mécanicien annonce la mise en marche par un coup de sifflet prolongé, puis il ouvre doucement son régulateur. de manière à démarrer lentement et sans choc. Il prend ensuite graduellement sa vitesse et continue sa marche tant qu'il ne rencontre pas de signaux.

Arrivé aux abords d'une bifurcation il ralentit sa vitesse, ainsi que cela lui est prescrit par le signal indicateur lorsqu'il n'est pas effacé ; il demande la voie qu'il doit suivre au moyen d'un certain nombre de coups de sifflet prolongés, conformément aux prescriptions du Code des signaux, savoir :

Un coup, pour prendre la première voie à partir de la gauche ;

[1] En Amérique, au contraire, les trains circulent en prenant leur droite.

Deux coups, pour prendre la seconde voie ;

Trois coups, pour prendre la troisième voie, etc. ;

Le mécanicien doit d'ailleurs être toujours en mesure de s'arrêter avant la bifurcation dans le cas où il apercevrait un signal d'arrêt. De leur côté. les conducteurs gardes-freins doivent, à l'approche des bifurcations et des aiguilles prises en pointe, agir sur leur frein pour rapprocher les sabots des roues et se tenir prêts à serrer rapidement, s'il en est besoin. Une exception peut être faite à cette règle, généralement sur les grandes lignes, parcourues par des trains express, où il y a intérêt à diminuer le plus possible le nombre des ralentissements, lorsque les bifurcations ont été munies de dispositions spéciales en vue de permettre le passage en vitesse sur la voie directe. Ces dispositions consistent, sur le réseau de l'État, indépendamment des signaux d'arrêt absolu placés à toute bifurcation pour protéger les trois directions, à rendre manœuvrables à distance les signaux indicateurs de bifurcation du tronc commun et de la branche directe, de manière que la plaque à damier vert et blanc de ces signaux placés au même point que les signaux avancés à plaque ronde qui annoncent à distance les signaux d'arrêt, puisse être effacée parallèlement à la voie lorsque l'aiguille est faite et verrouillée pour la branche directe. Le signal placé sur le tronc commun présente de plus aux mécaniciens, lorsqu'il est ouvert, un bras sémaphorique horizontal peint en violet, disposé perpendiculairement à la voie et du côté de la branche fermée (voie déviée).

En dehors de ce cas spécial, le ralentissement est obligatoire.

L'aiguilleur donne la direction demandée par le mécanicien; le signal indicateur de position des aiguilles montre à ce dernier quelle est la voie qui lui a été ouverte et, après avoir vérifié que c'est bien celle qu'il doit suivre, il passe lentement sur l'aiguille en pointe et continue sa marche.

Il poursuit ainsi, en s'arrêtant aux stations qu'il doit desservir et en traversant, après avoir sifflé longuement pour annoncer son passage, celles qu'il doit franchir sans arrêt; il doit seulement redoubler d'attention à chacune de ces stations, pour être sûr que la voie n'est pas occupée par des voyageurs ou des véhicules.

Il n'y a pas d'autres prescriptions à suivre, tant qu'il ne se produit pas de causes d'arrêt ou de retard.

Mais il peut se faire, d'une part, qu'il survienne une avarie à l'un des organes de la machine, une diminution accidentelle de l'effort de traction qui l'empêche d'avancer, une rupture d'essieu, etc.

Il peut arriver, en outre, que le train soit obligé de s'arrêter :

A un disque fermé, soit aux abords d'une bifurcation où un train est attendu dans une autre direction, soit auprès d'une station dans laquelle on exécute des manœuvres engageant la voie qu'il doit suivre ;

En pleine voie, à la vue d'un signal fait pour l'empêcher de suivre de trop près un train circulant dans le même sens, ou dans le but de lui signaler un obstacle qui se trouve sur la voie.

Examinons successivement les précautions à prendre dans ces diverses circonstances.

Il y a, en premier lieu, une règle commune à tous les cas, qui est la suivante :

Lorsque, pour un motif quelconque, un train s'arrête sur une voie, en dehors de la zone de protection des signaux fixes, le premier devoir du conducteur d'arrière est de se porter, au pas de course, à l'arrière, pour faire, à 1 000 mètres au moins sur les lignes à profil ordinaire, les signaux d'arrêt qui doivent protéger le train. Ce devoir doit être immédiatement accompli, sans hésitation et sans retard, quelque assurance que l'on puisse avoir qu'aucun train, qu'aucune machine ne doive survenir.

Sur les pentes dont la déclivité dépasse 5 millimètres par mètre, le signal d'arrêt doit être fait à 1 200 mètres; sur les pentes supérieures à 8 millimètres, la distance ci-dessus doit être portée à 1 500 mètres. Par contre, lorsque l'arrêt se produit sur une rampe de plus de 5 millimètres, le signal peut n'être fait qu'à 800 mètres à l'arrière du train [1].

Ces précautions prises, le train se trouve en sûreté et il n'y a plus qu'à prendre les mesures nécessaires pour se remettre en marche le plus tôt possible. Ces mesures sont différentes, suivant les divers cas qui peuvent se présenter.

Si c'est un signal fermé qui a produit l'arrêt du train, le mécanicien n'a qu'à attendre que le signal soit effacé pour reprendre sa marche ; il doit, en même temps, signaler sa présence au disque par des coups de sifflet répétés et prolongés, afin que, si ce disque est fermé par erreur, on puisse le lui ouvrir pour le laisser passer.

Si, au contraire, l'arrêt du train résulte d'une avarie à la machine, d'un accident à un véhicule, etc., le conducteur chef de train, après avoir pris les mesures nécessaires pour se couvrir à l'arrière, comme nous l'avons dit, doit se concerter avec le mécanicien sur ce qu'il convient de faire pour se remettre en marche le plus tôt possible. Voici quelques indications sur les mesures à prendre dans un certain nombre de cas :

Supposons, par exemple, que l'arrêt provienne du manque d'eau ; la machine, si elle n'a pas complètement épuisé ses ressources à ce point de vue, pourra, en général, se détacher du train, aller en avant jusqu'à la première prise d'eau et revenir prendre son train. Il n'y a pas, dans ce cas,

[1] Les distances indiquées ci-dessus sont empruntées aux règlements de l'Exploitation du réseau de l'Etat. Elles varient suivant les réseaux.

d'autre chose à faire ; car la demande d'une machine de secours ne servirait à rien et ne ferait que retarder la solution de la difficulté.

La machine ira donc prendre de l'eau en suivant la voie dans son sens normal ; mais, pour revenir ensuite chercher son train, deux solutions se présentent : elle peut marcher à contresens, de manière à venir se replacer en tête, ou bien suivre successivement chaque voie dans son véritable sens et venir pousser le train par l'arrière, sauf à reprendre sa position normale, dès qu'elle arrivera à une station.

Cette deuxième solution aurait l'avantage de respecter le principe que nous avons énoncé et d'après lequel les trains ou les machines doivent toujours prendre leur gauche ; mais elle aurait un inconvénient : la machine, en revenant pousser le train par l'arrière, pourrait trouver devant elle un train arrêté par le signal du train en détresse, et serait ainsi dans l'impossibilité de le rejoindre. Il est préférable, pour cette raison, qu'elle revienne, en marchant à contresens, se placer en tête de son train ; mais cette marche anormale doit être limitée au strict indispensable, c'est-à-dire qu'elle ne doit commencer qu'à la dernière station qui se trouve en avant du train. De plus, l'ordre de revenir à contresens doit être donné *par écrit* au mécanicien par le chef de train, qui s'engage, en outre, à ne laisser pousser son train, jusqu'au retour de la machine, par aucun train ou machine survenant par derrière. L'ordre dont il s'agit est libellé dans la forme suivante :

Ordre est donné au mécanicien du train n° ....., se rendant à..... pour prendre de l'eau, de revenir ensuite à contresens à son train, arrêté entre les kilomètres..... et.....

Le chef de train soussigné s'engage à ne laisser pousser son train par aucun train ou machine, qui surviendrait à l'arrière.

(Date et signature du chef de train.)

Sur la présentation de cet ordre, le chef de la gare située en avant du point où le train est arrêté laissera effectuer le retour de la machine à contresens.

Les mêmes règles devraient être appliquées si, au lieu d'être arrêté par le manque d'eau, le train restait en détresse par suite d'un défaut d'adhérence ou d'une diminution de la puissance de traction ; il suffit souvent dans ce cas de fractionner le train et de le conduire en deux fois jusqu'à la plus prochaine station. On opérerait avec les mêmes précautions, en ce qui concerne le retour de la machine à contresens.

Mais il peut arriver que la difficulté qui arrête le train exige la présence d'une machine de secours ; cela se produit, par exemple, lorsqu'une pièce

du mécanisme de la locomotive est cassée. Dès que le mécanicien juge que l'aide d'une machine de secours lui est nécessaire, il doit en faire la déclaration verbale au chef de train, qui est chargé du soin de faire venir cette machine.

Dans ce but, le chef de train adresse *par écrit* une demande de secours à la gare la plus voisine ou au poste télégraphique le plus proche et le rédige dans les termes suivants :

Train n°..... arrêté entre les kilomètres..... et..... par suite de..... (indiquer les causes de la détresse) *demande machine de secours.*

(Date et signature du chef de train.)

Cette demande est portée, le plus vite possible, au poste télégraphique le plus voisin et transmise ensuite télégraphiquement par ce poste au dépôt de machines le plus rapproché du point où se trouve le train en détresse.

Quand la machine de secours est demandée dans la forme ci-dessus, c'est-à-dire sans mention spéciale de la marche à contresens, il est entendu qu'elle viendra en suivant les voies dans leur sens normal et que, par suite, elle abordera par derrière le train en détresse. Dans ce cas, si, avant l'arrivée de cette machine, il a été possible de réparer l'avarie de la locomotive du train, ou s'il est survenu par derrière un train avec lequel le train arrêté se soit mis en communication et qui puisse le pousser jusqu'à la première station, il doit, bien entendu, profiter de cette circonstance, qui lui permet de diminuer un peu son retard.

Lorsqu'il est nécessaire de faire venir la machine de secours à contresens, le chef de train doit également le mentionner par écrit sur la dépêche dont la formule est indiquée ci-dessus ; dans ce cas, le train en détresse ne doit, sous aucun prétexte, bouger de place, ni se laisser pousser par un autre train survenant à l'arrière. La demande de secours est alors complétée par la phrase suivante :

La machine de secours devra venir à contresens par voie (UN OU DEUX).
Le chef de train soussigné s'engage à ne laisser pousser son train par aucun train ou machine, qui surviendrait à l'arrière.

(Date et signature du chef de train.)

Bien d'autres causes d'arrêt ou de dérangement peuvent se produire, en dehors de celles que nous venons d'indiquer ; il n'est pas possible de les passer toutes en revue. Nous dirons seulement les principales mesures à prendre en cas de rupture d'attelage.

Lorsque, par suite de rupture d'attelage, un train se divise en route, les conducteurs qui se trouvent dans la seconde partie du train doivent immé-

diatement serrer les freins et faire les signaux nécessaires pour attirer l'attention du mécanicien et du conducteur de tête; dès qu'ils ont obtenu un ralentissement suffisant pour pouvoir descendre sur la voie sans danger, ils doivent employer tous les moyens en leur pouvoir pour arrêter complètement cette partie du train, puis la couvrir à la distance réglementaire en arrière.

Le mécanicien, lorsqu'il s'aperçoit immédiatement de la rupture, ne doit pas s'arrêter brusquement, mais seulement réduire avec précaution sa vitesse, de manière à maintenir un certain intervalle entre les deux parties du train ; pourtant, dans le cas très rare où la rupture se produirait sur une section en pente, s'il remarque que la partie du train laissée en arrière avance et tend à rejoindre la première partie, il peut faire le nécessaire pour effectuer la réunion, en apportant toute son attention à prévenir le choc qu'un ralentissement trop brusque amènerait infailliblement. Dans aucun cas, il ne doit s'arrêter et reculer vers la deuxième partie du train, que lorsque celle-ci est en vue et arrêtée.

Mais, si le mécanicien ne s'aperçoit que tardivement de la rupture, et si à ce moment la seconde partie du train n'est plus en vue, il doit continuer sa marche à la vitesse réglementaire jusqu'à la prochaine station, où il s'arrête pour prendre les ordres du chef de gare.

Dans aucun cas, le mécanicien ne peut être autorisé à aller reprendre, en marchant à contresens, la partie de train laissée sur la voie, lorsque cette partie de train n'est pas en vue. Il doit, dans ce cas, rétrograder en suivant le sens normal de la circulation, jusqu'à la station précédente où il change de voie, afin d'aller rejoindre, par l'arrière, la seconde partie du train.

Dans le cas où le train ne comporte pas de machine de renfort à l'arrière, le conducteur, chargé de la partie du train restée sur la voie, attend l'arrivée d'un train ou d'une machine venant par l'arrière, et il se fait pousser par ce train ou cette machine jusqu'à la gare suivante.

Quand il existe une machine de renfort à l'arrière, le mécanicien de cette machine doit faire en sorte de se tenir très près du dernier wagon, sans le pousser, puis, dès que l'arrêt est obtenu, il attelle sa machine à ce wagon et attend les ordres du conducteur chargé de cette partie du train. Celui-ci doit, vingt minutes après qu'il a perdu de vue la première partie, faire pousser la seconde par la machine de renfort jusqu'à la première station[1].

L'obligation de couvrir le train à l'arrière n'existe pas seulement lorsque ce train s'arrête en pleine voie, mais aussi lorsque la vitesse de ce train se trouve ramenée à celle d'un homme marchant au pas, ce que le mécanicien doit faire connaître au moyen de quatre groupes de deux coups de sifflet

[1] Règle suivie sur le réseau de l'État.

comprenant chacun un coup prolongé suivi d'un coup bref. Dès que le conducteur d'arrière a entendu les coups de sifflet spéciaux dont il s'agit, il doit immédiatement descendre pour couvrir le train à l'arrière, comme s'il s'agissait d'un arrêt en pleine voie.

Cette obligation a pour conséquence, dans la plupart des cas, l'abandon en route du conducteur d'arrière, car il est extrêmement rare que celui-ci ait le temps d'aller faire les signaux à la distance réglementaire et de rejoindre ensuite son train avant qu'il ait pu repartir; ce cas se présente cependant quelquefois, lorsque le conducteur dont il s'agit rencontre un agent de la voie par lequel il peut, aux termes des règlements, se faire suppléer pour assurer les signaux convenables. Mais, en dehors de ce cas, le train est obligé de s'arrêter à la première station ouverte au service, afin que le chef de train puisse s'y concerter avec le chef de cette station et remplacer le conducteur de queue abandonné pour la couverture du train.

On peut éviter l'inconvénient qui résulte pour le service de cet emprunt des agents des gares en plaçant des signaux fixes aux points où les arrêts des trains se produisent fréquemment. Il n'y a plus nécessité de couverture à l'arrière, puisque le train se trouve protégé par un signal fixe. C'est ainsi que les signaux avancés des gares sont, comme nous l'avons déjà fait remarquer, placés à une distance suffisante pour protéger un train arrêté aux abords de la gare; le poteau limite de protection marque le point exact que le dernier véhicule du train doit avoir franchi pour que ce train soit considéré comme couvert. De même aux abords de certaines bifurcations, on place quelquefois des signaux spécialement destinés à couvrir un train arrêté; sur le réseau d'Orléans, ces signaux sont fermés par le conducteur d'arrière, qui doit en outre les rouvrir au moment où le train repart. M. Bricka a fait remarquer[1] que ce système ne donne pas une sécurité absolue, car on est obligé d'admettre que le signal qui protège le train est rouvert avant que celui-ci ait repris sa marche; un second train arrivant en vitesse au même moment peut donc venir rejoindre et tamponner le premier train avant qu'il ait eu le temps de démarrer ou de prendre une allure suffisamment rapide.

Espacement des trains. — Block-system. — La règle générale suivie depuis la création des chemins de fer pour assurer la sécurité de l'exploitation, en ce qui concerne les trains qui se suivent dans le même sens, consiste dans la *protection des trains par le temps*, c'est-à-dire qu'en un point quelconque d'une ligne, aucun train ne peut passer avant qu'il se soit écoulé un certain temps, variable suivant les circonstances, depuis le passage du train précédent de même sens.

[1] Bricka. *Cours de Chemins de fer.*

Les règles adoptées sur les réseaux français à cet égard ne sont pas absolument identiques; toutefois elles peuvent se résumer ainsi qu'il suit : Aucun train, aucune machine ne doit quitter une station ou la dépasser avant qu'il se soit écoulé, depuis le départ ou le passage du train précédent, un intervalle de dix minutes; cet intervalle peut être réduit à cinq minutes dans les cas suivants : 1° lorsque le premier train marche plus vite que le second ; 2° lorsque la distance à parcourir sur la même voie par les trains qui se suivent ne dépasse pas 2 kilomètres. L'intervalle peut même être réduit à trois minutes, sur quelques réseaux, lorsque deux trains se succédant à une station d'embranchement doivent, à moins d'un kilomètre de cette station, prendre chacun une direction différente. En conséquence de l'application de ces règles, à chaque passage d'un train à une gare où il ne s'arrête pas, le signal avancé est mis à l'arrêt aussitôt après le passage du train et maintenu dans cette position pendant le temps réglementaire. Lorsque le train s'arrête à la gare, le signal avancé est mis à l'arrêt aussitôt que le train l'a dépassé et maintenu dans cette position pendant tout le temps du stationnement du train; il n'est ensuite effacé, après son départ, qu'à l'expiration de l'intervalle réglementaire. Sur certains réseaux, notamment sur celui de l'État, l'espacement des trains est également maintenu par les agents de la voie au moyen d'un drapeau rouge ou d'une lanterne à feu rouge. En outre, certains règlements fixent un second délai, pendant lequel on présente aux trains le signal de ralentissement.

Tel est, dans ses dispositions générales, le système qui a été seul employé pendant fort longtemps sur tous les chemins de fer.

Insuffisance de la protection par le temps. — On comprend que ce système, quand il est appliqué avec beaucoup de soin, puisse offrir des garanties de sécurité. Ses inconvénients sont cependant nombreux. En premier lieu, il laisse une trop large part à la négligence des agents; il est clair, en effet, que l'appréciation du temps écoulé depuis le passage d'un train, surtout quand la circulation est importante, exige de la part du personnel une grande attention et une présence continuelle, lesquelles sont difficiles à obtenir. En outre, les signaux d'arrêt ou de ralentissement ne peuvent être faits qu'en certains points déterminés de la ligne, soit aux gares, soit en pleine voie, et, en dehors de ces points, les mécaniciens en sont réduits à voir par eux-mêmes s'ils n'ont pas devant eux un train qu'ils vont heurter; on conçoit toute l'insuffisance de cette garantie la nuit ou en cas de brouillard.

En second lieu, ce système impose une grande gêne pour le règlement de la marche des trains, et il peut occasionner des arrêts en pleine voie qui sont toujours une grande complication pour l'exploitation.

Aussi, depuis bien longtemps déjà, a-t-on complété et modifié ce système par l'emploi des *pétards*. Aux termes de certains règlements, toutes les fois qu'un train ralentit sa vitesse au point qu'il puisse être suivi par un homme marchant au pas, le conducteur d'arrière doit descendre sur la voie et poser de kilomètre en kilomètre des pétards sur le rail. Il est clair que cette prescription est une dérogation au système de la protection par le temps, et une application de la protection par la distance, attendu que les pétards restant sur la voie ont précisément pour effet de protéger le train à une distance assez grande pour permettre au train suivant de s'arrêter. Mais l'emploi des pétards est lui-même insuffisant pour assurer une sécurité absolue, et il présente aussi des inconvénients. En effet, les pétards placés sur la voie y restent, alors même qu'ils ne servent plus à rien et, par suite, ils retardent sans aucune utilité la vitesse des trains suivants. De plus, il y a nombre de cas dans lesquels le système précédent peut être en défaut.

Supposons en effet un train qui, pour une raison quelconque, soit obligé de ralentir sa marche, sans cependant aller assez lentement pour qu'un homme marchant au pas puisse le suivre ; dans ce cas, point de pétards sur la voie et, par suite, pas de protection ; il peut arriver alors qu'il soit rejoint par un train à vitesse normale, même si l'intervalle qui séparait les deux trains était de dix minutes au dernier point de surveillance. Il peut se faire également que le conducteur d'arrière soit endormi et ne s'aperçoive pas du ralentissement ; dans ce cas encore, pas de pétards et par suite pas de protection. Enfin, l'exécution de la prescription relative aux pétards n'est pas toujours immédiate, parce que les conducteurs veulent souvent connaître la cause du ralentissement avant d'aller protéger leur train, dans la crainte d'être laissés sur la voie, si le train reprend sa vitesse normale.

Tous ces inconvénients sont connus depuis fort longtemps, et l'on peut dire que, dès l'origine des chemins de fer, on a eu l'idée de protéger les trains par la distance et non plus par le temps. Dès 1843, un ingénieur anglais, W.-F. Cooke, écrivait ce qui suit dans un ouvrage appelé *Telegraphic Railways :* « Chaque point de la voie est un point dangereux que l'on doit couvrir par des signaux à distance. Toute la voie doit, par conséquent, être divisée en sections, et, à la fin ainsi qu'au commencement de chacune d'elles, doit se trouver un signal à distance, au moyen duquel on ouvre à chaque train l'entrée de la section, lorsqu'on est sûr que celle-ci est libre et peut être parcourue, exactement comme si chacune des sections était une station ou une bifurcation. Comme ces sections sont trop longues pour qu'un signal puisse être manœuvré au moyen d'un fil de traction, la manœuvre doit se faire par l'électricité.

« A la fin de chaque section de 2 à 2,5 milles anglais de longueur (3,2 à 4 kil.), on place dans une loge un garde ayant à sa disposition un disque

tournant ou un sémaphore. Dans chaque loge, doivent se trouver deux télégraphes à aiguille, celui de droite étant en communication avec celui de gauche de la loge voisine.

« Le télégraphe à aiguille ne peut donner que deux signaux : *voie libre* (*line clear*) et *voie occupée* (*line blocked*).

« Tous les sémaphores de la section doivent se trouver sur arrêt. »

Telle est l'origine première du système d'exploitation qu'on n'a pas tardé à substituer à l'ancien, en Angleterre, qu'on emploie maintenant d'une manière courante sur tous les chemins de fer, et qu'on désigne sous le nom de *block-system*.

Définition du block-system. — Voici comment ce système d'exploitation est défini dans le rapport adressé, le 8 juillet 1880 au ministre des Travaux publics, au nom de la *Commission d'enquête sur les moyens de prévenir les accidents de chemins de fer :*

« Cette méthode consiste à diviser la ligne en sections ou cantons « blocks », de longueur convenable, et à ne jamais permettre que deux trains se trouvent simultanément dans une de ces sections, aucun train ne devant pénétrer dans une section que lorsque celui qui le précède en est sorti. Chaque train, quelles que soient sa nature et sa vitesse, sur une ligne exploitée par cantonnement, est donc toujours couvert, pendant sa marche aussi bien que pendant ses arrêts, par une zone de protection suffisante, et, quelles que soient les vitesses des trains en mouvement sur une pareille ligne, de quelque façon que ces vitesses se combinent entre elles, normalement ou accidentellement, tant que les signaux du block sont rigoureusement faits et strictement observés, aucune collision n'est possible. »

Tel est le *block-system absolu*, dans sa définition la plus stricte. Ce système qui procure une sécurité complète, a soulevé cependant des objections de la part de certains ingénieurs. Ils considèrent en effet qu'il peut y avoir dans certains cas de graves inconvénients pour l'exploitation à forcer un train à s'arrêter absolument à l'origine d'une section bloquée, plutôt qu'à déroger à la rigueur du principe en prenant certaines précautions. Voici comment s'exprimait à cet égard M. Sartiaux, chef de l'exploitation au chemin de fer du Nord, dans une note sur le block-system (*Revue générale des Chemins de fer*, nov. 1883) :

« Il est facile de dire dans un règlement qu'un train ne peut pénétrer dans une section que quand il a l'assurance que celui qui le précédait a quitté cette section. Mais, dans la réalité d'une exploitation, cette règle ne peut être appliquée absolument. Un train qui se présente vis-à-vis d'une section, dont l'entrée est interdite par des signaux à l'arrêt, peut bien attendre quelques instants que la section soit débloquée. Mais, que convient-

il de faire si cette fermeture et cette interdiction se prolongent? Le train précédent peut se trouver en *détresse* ou en *quasi-détresse* dans la section bloquée; les appareils du block-system peuvent être *dérangés* et ne plus fonctionner.

« Va-t-on forcer le second train, auquel les hésitations du début ont déjà fait perdre un certain temps, à accentuer encore cette perte de tout le temps nécessaire pour connaître les causes de la fermeture de la section, et va-t-on l'obliger ainsi à perdre complètement son itinéraire, à manquer toutes ses correspondances, etc.? Va-t-on mettre ce second train dans la nécessité de stationner vingt, trente, quarante minutes et plus à l'entrée de la section bloquée, au risque d'arrêter tout le mouvement derrière lui, de troubler au moins gravement le service en deçà, et de faire refluer ce trouble jusque sur les lignes non munies du block-system, ou, ce qui est pis encore, jusque sur des lignes à voie unique, où le moindre dérangement de service est une cause de danger bien plus grave que l'introduction, avec certaines précautions, d'un second train dans une section bloquée? Ce sont là des questions auxquelles il est difficile de répondre d'une manière absolue et dont la solution dépend essentiellement des conditions spéciales à chaque exploitation, de la configuration du réseau, du nombre de trains, de leur nature, de leur répartition aux différentes heures de la journée, etc. On conçoit donc facilement que les règlements adoptés par les diverses administrations de chemins de fer ne soient pas identiques, et que chacune ait choisi celui qui lui paraissait le mieux approprié aux nécessités et aux besoins de son exploitation. »

Dans le but d'éviter les inconvénients du block-system absolu, on a eu l'idée en Angleterre de lui substituer ce qu'on a appelé le *block-permissive-system.*

Dans ce mode d'exploitation, les appareils qui indiquent qu'une section est bloquée ne commandent pas l'arrêt absolu; ils ont la même valeur que les disques à distance, c'est-à-dire que, lorsqu'un mécanicien se trouve à l'endroit d'une section bloquée, il doit se rendre immédiatement, et par tous les moyens dont il dispose, maître de sa vitesse, de façon à pouvoir toujours s'arrêter dans la partie de voie qui est en vue. Il doit continuer ainsi à marcher avec la plus grande prudence dans toute l'étendue de la section bloquée et, s'il n'a pas rencontré de signal d'arrêt, il reprend sa marche normale à partir de l'extrémité de ladite section, si la suivante n'est pas bloquée.

En somme, cette manière de faire est une dérogation au principe même du block-system, et le signal fait à l'entrée de la section a simplement pour effet de prévenir les mécaniciens qu'ils sont sur une partie de ligne où un train les précède à une faible distance. Beaucoup d'ingénieurs pensent que

le *bloc-permissive-system* présente en somme plus d'inconvénients que d'avantages, et veulent que les signaux faits à l'entrée d'une section bloquée commandent toujours l'arrêt, sauf à permettre au mécanicien de pénétrer dans la section après un certain temps écoulé, et moyennant l'observation de certaines formalités.

On arrive ainsi à un troisième mode qu'on appelle le *block-system absolu conditionnel,* qui est caractérisé par les règles suivantes :

Le mécanicien qui se présente à l'entrée d'une section bloquée doit marquer l'arrêt pendant un certain délai ; à l'expiration de ce délai, si la voie n'est pas rendue libre, le mécanicien s'engage dans la section après avoir reçu du stationnaire un ordre écrit sur un imprimé spécial, ou un avertissement lui prescrivant de marcher avec prudence jusqu'à ce qu'il ait rejoint le train précédent ou atteint le poste suivant.

Quel que soit le système adopté, il y a deux cas dans lesquels on est bien obligé d'admettre que le signal d'entrée d'une section pourra être franchi, même s'il est à l'arrêt; c'est lorsqu'il s'agit d'aller au secours d'un train resté en détresse dans la section, ou lorsque les appareils sont dérangés. L'essentiel, dans ces deux cas, c'est que des précautions spéciales soient prises pour que le mécanicien pénétrant dans le canton bloqué soit dûment averti de la situation et qu'en outre les agents des postes d'entrée et de sortie du canton ne puissent commettre d'erreur en ce qui concerne le nombre des trains situés à la fois dans le canton. Tout système de block dans lequel l'autorisation de pénétrer sur un canton bloqué ne peut être donnée que dans les deux cas dont il s'agit, doit être considéré comme étant véritablement le block-system absolu.

Tels sont les principaux modes d'exploitation qu'on désigne sous le nom général de *block-system.* Nous allons voir maintenant quelles sont les conditions de son emploi et les appareils imaginés pour le réaliser.

Réalisation du block-system par l'emploi des disques ordinaires. — On a d'abord essayé de réaliser le block-system sans appareils spéciaux, en employant les disques ordinaires ; un train ne circule dans une section que lorsqu'il a au moins un disque fermé derrière lui. C'est ainsi qu'on a procédé autrefois sur la ligne de Vincennes et, sur le réseau d'Orléans, dans la section de 6 kilomètres comprise entre Paris et Vitry. Mais ces dispositions n'offrent pas une véritable sécurité, en raison de l'indépendance complète des signaux et des appareils télégraphiques employés, et l'on peut dire que le block-system n'a véritablement été réalisé qu'au moyen des appareils spéciaux dont nous allons parler.

Réalisation du block-system par des appareils spéciaux. — Les appareils imaginés pour réaliser le *block-system* sont très nombreux. Il y eut d'abord

ceux de Sir William Cooke, qui furent bien vite abandonnés comme trop coûteux et trop compliqués. Ces appareils furent perfectionnés en 1847 par Eugène Flachat et M. Regnault, chef du mouvement au chemin de fer de Saint-Germain, puis en 1851 par M. Walker, ingénieur du South Eastern Railway.

M. E. Clarke, ingénieur anglais, avait imaginé vers 1847 un appareil analogue à celui de M. Regnault ; peu après furent inventés ceux de MM. Tyer, Bartholomew, Preece, Spagnoletti, Marqfoy, etc., et un nouvel appareil de M. Regnault. L'année 1872 amena un perfectionnement très notable sur les systèmes antérieurs ; c'est en effet à ce moment que furent imaginés les électro-sémaphores de MM. Siemens et Halske, et ceux de MM. Tesse, Lartigue et Prudhomme. Vers 1876, parurent les appareils du *Block and Interlocking System* de MM. Saxby et Farmer et plus récemment ceux de M. Sykes, de M. Spagnoletti, etc.

On n'emploie plus guère actuellement, en Angleterre, que l'appareil Tyer (complété par M. Jousselin), celui de M. Regnault et celui de Preece. Aux États-Unis, on se sert sur plusieurs compagnies des signaux automatiques, systèmes de Hall, de Rousseau et de l'*Union Compagny*. Ces derniers appareils sont d'ailleurs également utilisés en France, où le block automatique a été installé sur certaines lignes du P.-L.-M. et du Midi. En Allemagne, en Belgique, en Hollande, etc., on se sert des différents appareils que nous avons cités plus haut. Enfin, en France, on emploie à peu près exclusivement les appareils Regnault, Tyer-Jousselin et les électro-sémaphores de divers systèmes.

De l'emploi du block-system en France. — L'emploi de ce mode d'exploitation a été recommandé aux compagnies de chemins de fer, à plusieurs reprises, par des circulaires du ministre des Travaux publics. Une première circulaire (du 12 sept. 1880) a prescrit d'appliquer le *block-system* sur toutes les sections de lignes où le trafic atteint un mouvement *de cinq trains à l'heure, dans le même sens*, à certaines heures de la journée, ainsi qu'en certains points particuliers, tels que les points de ramification ou de rebroussement des lignes.

Dans une seconde circulaire, du 2 novembre 1881, le ministre, après avoir rappelé les améliorations apportées, conformément aux prescriptions de la précédente circulaire, signalait la nécessité de poursuivre avec activité l'application de ces améliorations.

Mais la question a pris une importance toute spéciale dans la circulaire du 12 janvier 1882. Après avoir passé en revue les inconvénients que présentent les appareils Tyer et Regnault (inconvénients que nous examinerons tout à l'heure) le ministre fait observer que le block-system *absolu* doit être,

en général, la règle de l'exploitation sur les lignes à double voie, et il ajoute que, « pour produire tous ses effets utiles, il doit être réalisé à l'aide d'appareils perfectionnés, joignant à la solidité de la construction une grande simplicité de manœuvre et présentant les conditions caractéristiques suivantes :

« Solidarité immédiate et complète des signaux électriques et des signaux à vue, de telle sorte que ceux-ci traduisent automatiquement les premiers ;

« Calage mécanique à l'arrêt des signaux visuels, qui ne puissent être ensuite annulés et remis à voie libre, à distance et par un déclenchement électrique, que par le poste suivant dans le sens de la marche du train ;

« Enfin, si l'électricité vient à faire défaut, maintien de tous les signaux à l'arrêt. »

Après avoir fait remarquer que les électro-sémaphores Lartigue, Tesse et Prudhomme paraissent remplir ces conditions d'une manière satisfaisante, le ministre conclut en invitant les compagnies à installer, dans le plus bref délai possible, sur les principaux tronçons des lignes à grande circulation, des appareils réalisant les conditions indiquées ci-dessus.

Voyons maintenant de quelle façon le block-system est appliqué sur les différents réseaux français.

Réseau de l'Ouest. — La compagnie de l'Ouest se sert, pour la transmission des signaux électriques entre les stationnaires, des indicateurs de M. Regnault et elle emploie des disques avancés et des signaux spéciaux dits de cantonnements pour les signaux à faire aux mécaniciens.

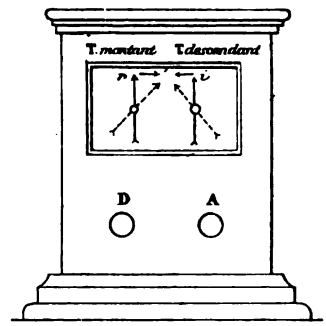


Fig. 641. — Appareil Regnault. (Ouest.)

L'indicateur Regnault comporte essentiellement à chaque poste deux aiguilles (une pour chaque voie) ; ces aiguilles sont verticales quand la voie est libre et s'inclinent quand un train s'est engagé sur la voie.

A l'exception des postes terminus, tout poste est muni de deux appareils semblables à celui qui est représenté sommairement (fig. 641). Les appareils X et Y des deux postes voisins B et C servent à les faire communiquer au moyen des fils de ligne L et L′ (fig. 642), et permettent de bloquer et de débloquer électriquement la section BC. Chaque appareil comporte deux piles, une pile de ligne et une pile locale, soit quatre piles par poste. Le poste B appuie sur le bouton D (dit bouton de départ) de son appareil X pour annoncer au poste C le départ d'un train de B vers C ; cette manœuvre a pour effet d'envoyer vers C un courant électrique qui incline l'aiguille *i* (dite aiguille indicative) de l'appareil Y du poste C et fait marcher une sonnerie à ce poste. Cette aiguille,

en s'inclinant, interrompt le courant du poste B et envoie à ce même poste un autre courant qui incline l'aiguille *r* (dite aiguille de répétition) de l'ap-

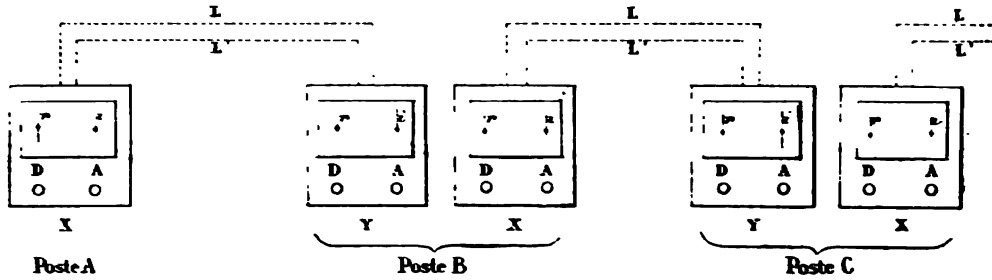


Fig. 642. — Block-system de l'Ouest.

pareil X du poste B. Ce poste a ainsi un accusé de réception automatique, qui bloque électriquement la section BC, sans que le stationnaire de C ait à s'en occuper, ni que le stationnaire de B puisse changer la position de l'aiguille *r*. Les choses restent en l'état jusqu'à ce que le train passe en C ; alors

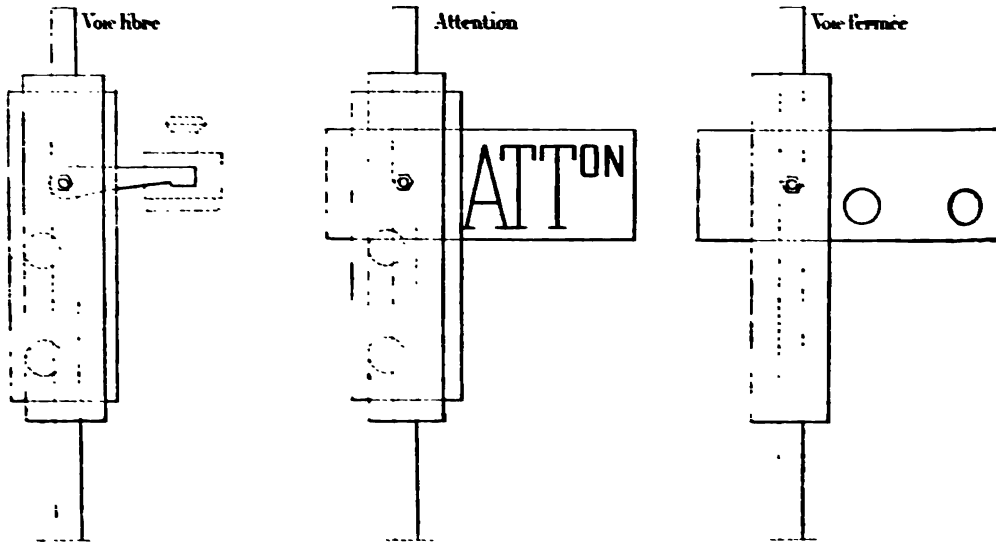


Fig. 643. — Block-System de l'Ouest. Signal de cantonnement.

ce poste pousse le bouton A (dit bouton d'arrivée) de son appareil Y. Cette manœuvre a pour effet de redresser l'aiguille *i* de cet appareil et de redresser également l'aiguille *r* de l'appareil X du poste B. La section BC se trouve ainsi débloquée électriquement et les appareils sont prêts à fonctionner à nouveau pour le passage du train suivant.

Quant aux signaux optiques, ils sont constitués comme il suit. Tout poste est muni, dans chaque direction, d'un signal avancé, signal rond ordinaire et d'un signal d'arrêt absolu à deux feux rouges. Ce dernier, qui est placé

à peu de distance du poste, 200 mètres au plus, et porte le nom de *signal de cantonnement*, est représenté sommairement par la figure 643 ; il peut donner, le jour comme la nuit, trois indications distinctes, savoir : *voie libre, attention* et *voie fermée*.

Dans l'état primitif du système, les signaux optiques étaient manœuvrés à la main par les stationnaires de chaque poste ; il n'y avait aucune solidarité entre les signaux électriques formés par l'indicateur Regnault et les signaux à vue, de sorte que les appareils électriques fournissaient simplement aux stationnaires des indications qu'ils étaient obligés de répéter pour les faire connaître aux mécaniciens. En un mot, le block n'était pas enclenché. L'appareil Regnault a été modifié depuis de manière à réaliser, au moyen d'enclenchements électriques, la solidarité nécessaire entre les signaux électriques et les signaux à voie et à satisfaire ainsi aux prescriptions de la circulaire du 12 janvier 1882.

Conditions d'application. — Dès qu'un poste (B) a rendu *voie libre* au poste précédent (A), ce dernier doit laisser passer tout train qui survient, quel que soit le temps écoulé depuis le passage du train précédent. Il annonce le passage du train au poste suivant qui lui répond par un avis annonçant l'arrivée de ce train, dès que celui-ci a évacué en entier le canton. Si, au contraire, le poste B n'a pas rendu *voie libre* au poste A, voici comment on procède, quand un second train se présente à ce dernier : pendant les cinq premières minutes qui suivent le passage du train précédent, le signal de *voie fermée* étant fait, l'arrêt est absolu : aucun train ne peut, sous aucun prétexte, pénétrer dans la section bloquée. Pendant les cinq minutes qui suivent, le signal d'arrêt étant maintenu, un train peut, après s'être arrêté, entrer dans la section bloquée, moyennant la remise au mécanicien d'un ordre écrit, sur imprimé spécial, lui prescrivant de marcher avec prudence jusqu'à ce qu'il ait rejoint le poste suivant. Enfin, après ces dix premières minutes et jusqu'à ce que le poste B ait rendu *voie libre*, le stationnaire du poste A n'a plus qu'à faire le signal *attention*, pour informer les mécaniciens qu'ils circulent sur une voie qui n'est pas libre. Dès lors, les trains n'ont plus à s'arrêter à l'origine de la section, et l'on rentre dans le *block-permissive-system*. D'ailleurs, le nombre des trains qui peuvent entrer dans la section après le premier délai de cinq minutes n'est pas limité par le règlement, non plus que celui des trains qui entrent avec le signal *attention*. Enfin, lorsqu'il existe dans la section bloquée un tunnel en ligne droite de 1 000 mètres de longueur et au-dessus, ou bien un tunnel de 600 mètres et au-dessus, dans une courbe, les délais précédemment indiqués sont doublés.

Le stationnaire du poste d'entrée note sur un tableau ardoise, dans leur

ordre de passage, tous les trains qui pénètrent dans la section bloquée et il reçoit successivement avis du poste de sortie de l'arrivée de chacun de ces trains. Il doit d'ailleurs maintenir ses signaux fermés jusqu'à ce qu'il ait acquis la certitude absolue que le canton est bien libre. Une instruction spéciale détermine les procédés à employer pour acquérir cette certitude, au sujet de laquelle l'entente doit s'établir entre le poste d'entrée et le poste de sortie soit au moyen des trains eux-mêmes, soit par un exprès, soit par le télégraphe.

La compagnie de l'Ouest applique, sur certaines de ses lignes de banlieue parcourues par des trains se suivant à très faible intervalle, un système de cantonnement mécanique par l'emploi de signaux ronds et carrés, qui réalise le block absolu enclenché mécaniquement. Les cantons étant dans ce cas de très faible longueur, les signaux d'un poste peuvent être manœuvrés par le stationnaire du poste suivant. Normalement, aucun train ne peut franchir un poste de block si le signal carré de ce poste est à l'arrêt. Il ne peut être autorisé à franchir ce signal fermé que dans les deux cas suivants : 1° dérangement des appareils rendant momentanément impossible d'ouvrir le signal carré ; dans ce cas le stationnaire placé à l'entrée du canton doit, avant de laisser pénétrer le train, avoir acquis la certitude absolue, par les moyens prescrits, que le canton est réellement libre jusqu'au signal carré suivant ; 2° détresse d'un train arrêté dans la section, à la condition que le stationnaire aura reçu du chef de train une demande écrite de secours par l'arrière.

Réseau de Lyon. — Sur ce réseau, le block-system est réalisé de la manière suivante : pour la transmission des signaux électriques, par l'appareil Tyer complété par l'avertisseur Jousselin ; pour les signaux optiques, par des sémaphores et des disques avancés.

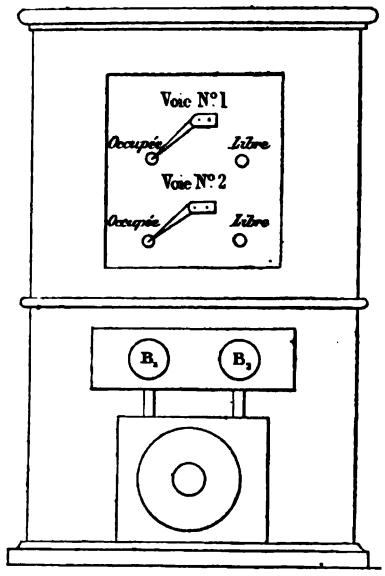


Fig. 644. — Appareil Tyer (Cie P.-L.-M).

L'appareil Tyer est du même genre que l'appareil Regnault ; il est représenté sommairement par la figure 644 dans ses dispositions primitives. Chaque poste intermédiaire est muni de deux appareils semblables ; la communication entre deux postes voisins est obtenue par un seul fil de ligne L (fig. 645).

La section AB étant supposée libre et les aiguilles étant sur voie libre, si un train s'engage sur la voie n° 1, allant de A vers B, le poste A l'annonce au poste B en poussant le bouton B_2 situé du côté de *voie libre* ; cette manœuvre produit

électriquement un coup de sonnette au poste B, dont le stationnaire pousse alors le bouton B_1 situé du côté de *voie occupée*, ce qui a pour effet, par

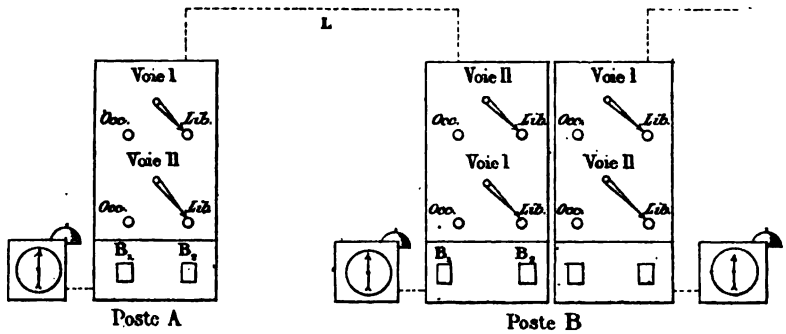


Fig. 645. — Block-system du P.-L.-M.

un changement de courant : 1° de faire passer l'aiguille inférieure de son appareil sur *voie occupée ;* 2° de ramener de même sur *voie occupée* l'aiguille

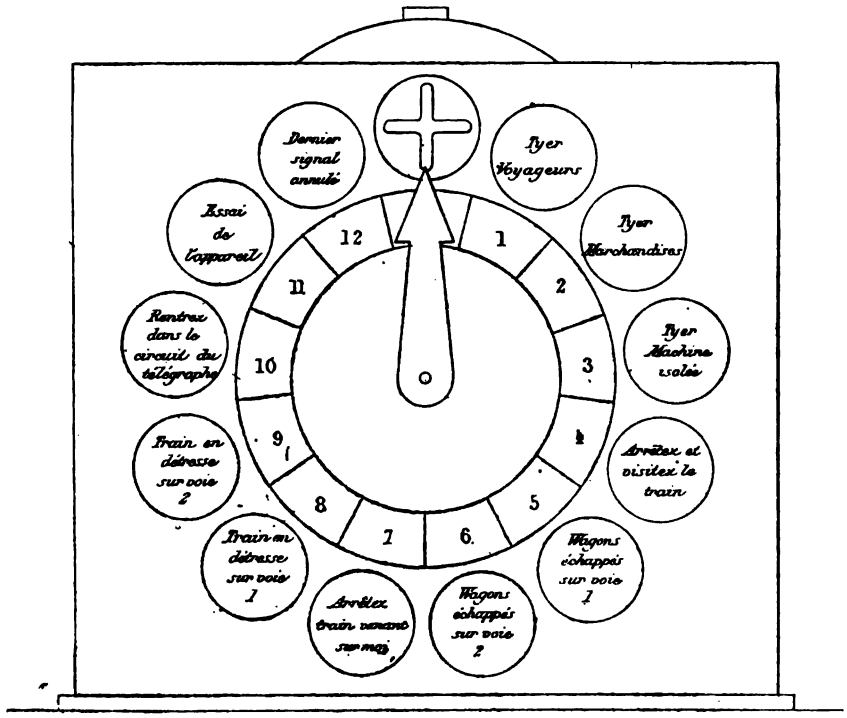


Fig. 646. — Avertisseur Jousselin. (Cie P.-L.-M.)

supérieure du poste A ; 3° de faire résonner la sonnerie de ce poste, lequel reçoit ainsi, par l'intermédiaire du stationnaire de B, l'accusé de réception de son annonce.

Tel était l'appareil Tyer au début de son application sur le P.-L.-M.

Depuis, on a muni chaque poste, au lieu de la sonnerie électrique primitive, de l'avertisseur Jousselin, qui n'est autre chose qu'un appareil de correspondance électrique, destiné à l'échange rapide d'un nombre limité de communications déterminées d'avance, entre deux postes voisins. Cet appareil est représenté sommairement par la figure 646.

Ces communications sont les suivantes : elles sont inscrites sur le cadran de l'appareil, dans chacun des petits cercles situés en face des numéros :

1° Tyer voyageurs ;
2° Tyer marchandises ;
3° Tyer machine isolée ;
4° Arrêtez et visitez le train ;
5° Wagons échappés sur voie 1 ;
6° Wagons échappés sur voie 2 ;
7° Arrêtez train venant sur moi ;
8° Train en détresse sur voie 1 ;
9° Train en détresse sur voie 2 ;
10° Rentrez dans le circuit du télégraphe ;
11° Essai de l'appareil ;
12° Dernier signal annulé.

Les trois premiers signaux se rapportent à la circulation normale ; ils font connaître la nature du train annoncé au poste suivant. Les autres signaux sont relatifs à la plupart des cas qui peuvent se présenter dans l'exploitation.

Chaque poste intermédiaire comporte (fig. 645) deux appareils Tyer et deux indicateurs Jousselin. Quant aux signaux optiques, ils sont faits, conformément aux indications des signaux électriques, par les sémaphores ordinaires à deux bras du réseau de Lyon et par des disques avancés.

Les dispositions que nous venons de décrire sont celles de l'appareil primitif, dans lesquelles il y a indépendance absolue entre les signaux électriques et les signaux optiques, et qui exigent la présence continue et simultanée des stationnaires des deux postes en correspondance, puisque l'accusé de réception de l'annonce faite par le poste A ne peut être donné que par l'intermédiaire du stationnaire de B.

La compagnie P.-L.-M., comme celle de l'Ouest, a modifié ses appareils, de manière à réaliser plusieurs améliorations importantes et notamment la solidarité entre les signaux optiques et les signaux électriques au moyen d'enclenchements électriques et mécaniques.

Le programme réalisé pas les nouveaux appareils est le suivant :

Étant donnés trois postes consécutifs A, B, C ;

1° Le poste B, en manœuvrant son bras sémaphorique pour couvrir un train venant de dépasser B et allant sur C, enclenche mécaniquement ce

bras à l'arrêt, sans qu'il y ait pour lui possibilité de l'effacer, jusqu'à ce que le poste C lui ait rendu voie libre dans les conditions indiquées ci dessous, § 3;

2° En couvrant le train avec le bras sémaphorique, le poste B l'annonce automatiquement au poste C;

3° Le poste B ne peut rendre voie libre à A qu'après avoir couvert le train avec le disque avancé et le bras sémaphorique;

4° B ne peut rendre voie libre deux fois de suite à A; il n'a la faculté de passer de nouveau ce signal qu'après avoir effacé, puis remis à l'arrêt le disque et le bras sémaphorique.

Conditions d'application. — Sur le réseau de Lyon, deux trains peuvent être successivement introduits dans le même canton, même en l'absence de toute détresse ou de dérangement des appareils, lorsqu'il s'est écoulé, après le passage du premier train au poste d'entrée, un délai fixé par une consigne spéciale à ce poste; ce délai, déterminé par l'inspecteur principal pour chaque poste de block, est habituellement fixé de la manière suivante : trente minutes, si la section a plus de 6 kilomètres de longueur, vingt minutes, si la section a plus de 3 kilomètres de longueur et moins de 6, dix minutes, si la section à moins de 3 kilomètres de longueur. Le chef de train et le mécanicien reçoivent dans ce cas un bulletin de marche prudente. Si le signal du poste de sortie est à l'arrêt, le mécanicien s'arrête et le chef de train remet son bulletin au bloqueur. Si le signal du poste de sortie est à voie libre, le train reprend sa marche normale sans s'arrêter à ce poste. Le chef de train conserve dans ce cas son bulletin de marche prudente, qu'il annexe à la feuille de marche du train.

Tant qu'il n'a pas reçu voie libre pour ce deuxième train, l'agent du poste d'entrée ne peut laisser s'engager dans le canton un troisième train, à moins qu'il ne reçoive un ordre écrit du chef d'un des trois trains engagés ou d'un agent porteur d'une demande de secours; il procède alors pour ce troisième train comme pour le second.

En cas de dérangement constaté des appareils, l'agent du poste d'entrée cesse d'annoncer les trains qui se présentent; il les arrête tous et ne les laisse s'engager sur le canton qu'en maintenant entre eux l'intervalle de temps réglementaire et après avoir remis à chacun d'eux un bulletin de marche prudente. Ces trains opèrent dans ce cas comme il est indiqué ci-dessus, en ce qui concerne la remise de ce bulletin au poste de sortie et la reprise de leur marche normale.

Une fois le dérangement réparé, le bloqueur d'entrée annonce le premier train expédié et remet au chef de train et au mécanicien un bulletin de marche prudente *à laisser au poste suivant*, et indiquant la reprise du service normal.

Réseau du Nord. — La compagnie du Nord emploie pour réaliser le block-system les électro-sémaphores Lartigue, Tesse et Prudhomme.

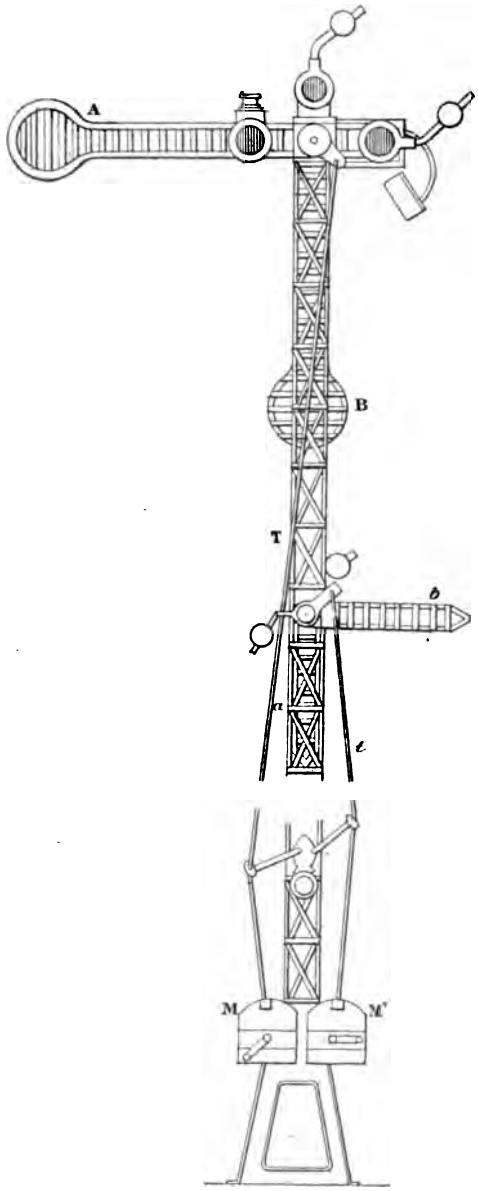


Fig. 647. — Electro-sémaphore. (Cie du Nord.)

Les dispositions caractéristiques de ces appareils sont les suivantes :

1° Les signaux optiques sont solidaires des signaux électriques et traduisent automatiquement ces derniers ;

2° L'électricité est employée de la manière la plus restreinte possible ; elle ne sert qu'à annoncer en avant l'expédition d'un train ou à effacer en arrière les signaux qui couvrent l'entrée de la section. De cette manière, si l'électricité vient à manquer, les signaux sont maintenus à l'arrêt, ce qui peut produire des retards dans la marche des trains, mais ne saurait être une cause de danger, puisque les appareils n'indiquent jamais voie libre quand la voie est occupée. Les signaux destinés à couvrir les trains, au contraire, sont faits mécaniquement et *enclenchés*, sans que l'électricité intervienne :

3° Enfin, une section dont l'entrée A a été bloquée par le stationnaire du poste A ne peut plus être débloquée que par le poste suivant B ; de cette façon le stationnaire du poste A est sûr que le signal d'arrêt de son sémaphore ne sera effacé que lorsque la section AB sera libre.

Ces appareils répondent donc exactement aux conditions de la circulaire du 12 janvier 1882.

Nous représentons sommairement (fig. 647) un de ces électro-sémaphores. Il se compose d'un mât de 8 mètres de hauteur portant à sa partie supérieure deux grands bras A et B, destinés à fournir aux mécaniciens les signaux relatifs à la voie montante et à la voie descendante ; à la partie mé-

diane sont deux petits bras *a* et *b*, servant d'indicateurs pour l'agent du poste.

Les grands bras du sémaphore ont 2 mètres de longueur; ils présentent aux mécaniciens une face peinte en rouge; on les a faits à claire-voie, pour qu'ils offrent moins de résistance au vent. Ils portent une lanterne pour les signaux de nuit. M et M′ sont deux appareils électro-mécaniques, destinés à produire les mouvements des signaux, par l'intermédiaire des tringles T et *t* au poste considéré, et par le moyen de l'électricité au poste voisin (il existe au même poste deux autres appareils M et M′, destinés au service de la seconde voie).

L'organisation de chaque poste est complétée par des sonneries électriques et par une pile de douze éléments Leclanché. L'appareil M d'un poste est relié par un fil de ligne à l'appareil M′ du poste voisin, et réciproquement. Enfin, chaque poste est muni de disques avancés, que le stationnaire doit manœuvrer suivant les indications de son sémaphore.

Cela posé, voici comment les appareils fonctionnent. Supposons qu'un train se présente à l'entrée d'une section *ab* : le stationnaire du poste *a* commence par mettre à l'arrêt son disque avancé, puis il tourne d'une certaine quantité la manivelle de son appareil M; cette opération produit les effets suivants :

1° Par l'intermédiaire de la tringle T, le grand bras A de son sémaphore se relève et se place horizontalement, ce qui indique que la section est bloquée.

2° Par l'effet d'un courant électrique, le petit bras du sémaphore du poste *b* est rendu horizontal, ce qui indique au stationnaire *b* que la section *ab* est bloquée en *a*; en outre, un voyant rouge « *voie fermée* » apparaît à une fenêtre de son appareil M′;

3° Enfin, par l'effet d'un courant électrique, un coup de timbre retentit au poste *a* et un voyant portant « *Train annoncé vers.....* », apparaît à une fenêtre de l'appareil M de ce poste, ce qui lui donne un accusé de réception automatique de son annonce.

Quand le train sort de la section, le stationnaire du poste *b*, après avoir mis à l'arrêt son disque avancé, et fait la manœuvre ci-dessus indiquée relative à l'entrée dudit train dans la section *bc*, n'a plus ensuite qu'à manœuvrer la manivelle de son appareil M′, ce qui, par l'effet d'un courant électrique, a pour résultat d'effacer le petit bras et le voyant de son poste, puis le petit bras et le voyant du poste précédent.

On voit que ces dispositions réalisent complètement le programme que nous avons indiqué et qu'en particulier, la mise à l'arrêt du grand bras du sémaphore est toujours faite au moyen d'une opération *mécanique* et que l'électricité intervient seulement pour des annonces et pour débloquer la

section. Il n'y a donc pas à craindre qu'un dérangement dans les courants devienne une cause de danger; dans le cas où cela se produirait; la section resterait trop longtemps bloquée et voilà tout.

Nous ne donnerons pas la description détaillée des appareils M et M'; nous dirons seulement que leur fonctionnement repose sur le principe suivant de l'électro-aimant Hughes. C'est un aimant ordinaire en fer à cheval qui, dans sa situation normale, peut porter un poids P; les deux branches de l'aimant sont entourées de bobines, dans lesquelles on peut faire passer un courant. Si le sens de ce courant est inverse de celui qui produirait l'aimantation, on affaiblit la force portante de l'aimant; le poids P n'est plus soutenu et tombe. Comme le poids P n'est limité que par la force attractive de l'aimant, laquelle peut être très considérable, on voit qu'on peut ainsi, à distance et électriquement, faire tomber ou *déclencher* un organe très lourd. Telle est la propriété utilisée pour faire effacer par un poste le grand bras du sémaphore du poste voisin.

Enfin, la compagnie du Nord a ajouté à ces appareils un dispositif spécial destiné : 1° à matérialiser, par un enclenchement électrique, l'obligation qu'impose le règlement de ne jamais débloquer une section, qu'un train vient de quitter, avant d'avoir bloqué celle dans laquelle il est entré; 2° à matérialiser, par un enclenchement électro-mécanique l'obligation qu'impose également le règlement de toujours couvrir l'entrée d'une section bloquée par la mise à l'arrêt d'un signal avancé placé comme ceux des gares à 1 200 ou 1 300 mètres du sémaphore.

Conditions d'application. — Sur le Nord, dès que le poste B a donné voie libre au poste A, un train peut pénétrer dans la section AB, quel que soit le temps écoulé depuis le passage du train précédent. Si, au contraire, la section est bloquée en A, le sémaphore de ce poste commande l'arrêt absolu pendant les cinq minutes qui suivent le passage du train précédent; ce délai peut être réduit à deux minutes, si la distance à parcourir sur la même voie par deux trains qui se suivent n'est pas de plus de 3 kilomètres.

Cela posé, si un train survient pendant ce délai, il trouve d'abord à l'arrêt le disque avancé; le mécanicien se rend immédiatement maître de sa vitesse par tous les moyens dont il dispose et il vient s'arrêter complètement au poste A, dont le sémaphore est à l'arrêt. Le délai une fois écoulé, le mécanicien est autorisé à pénétrer dans le canton bloqué, au moyen d'un bulletin de marche prudente qui lui est remis, soit par le chef de station s'il s'agit de poste de gare, soit par le chef de train lui-même, qui fait alors fonctions de chef de poste. Ce bulletin permet au mécanicien de marcher comme s'il allait au secours d'un train tombé en détresse en un point non déterminé du canton. A l'extrémité du canton, le mécanicien peut reprendre

sa marche normale s'il n'a rencontré jusque-là aucun signal d'arrêt et si le canton suivant est libre.

En ce qui concerne le stationnaire du poste d'entrée, il doit inscrire sur l'ardoise de son poste chacun des trains qui s'engagent ainsi sur la section bloquée (le nombre de ces trains n'étant d'ailleurs pas limité par le règlement); il doit en outre, dès que son appareil marque voie libre, ce qui indique que le premier train est sorti de la section, remettre immédiatement l'aile de son sémaphore à l'arrêt pour couvrir le second train, puis effacer sur son ardoise l'indication de ce train. Il doit exécuter cette prescription autant de fois qu'il a laissé pénétrer de trains dans la section bloquée. Ajoutons que, pour rendre plus sûre l'exécution de cette consigne, la compagnie du Nord a installé, dans tous les postes du réseau où les pénétrations des trains dans les sections bloquées sont tant soit peu fréquentes, un appareil spécial dit *appareil memento de pénétration ;* c'est une sorte de boîte pouvant s'adapter par une liaison électrique à un poste sémaphorique quelconque et munie d'une fente dans laquelle on introduit un jeton spécial remis par le mécanicien du train qui pénètre sur la section bloquée, en échange du bulletin de marche prudente dont nous avons parlé plus haut.

L'appareil est disposé de telle sorte que si l'on introduit un jeton dans l'appareil pendant que l'aile du sémaphore est à l'arrêt, une sonnerie se fait entendre au moment où cette grande aile tombe, c'est-à-dire au moment où le train sort de la section; cette sonnerie persiste jusqu'à ce que la grande aile ait été remise à l'arrêt. Cette sonnerie rappelle donc au garde sémaphore qu'il doit remettre la grande aile à l'arrêt pour couvrir le deuxième train. Le même effet se reproduit d'ailleurs, quel que soit le nombre des trains admis dans la section, tant qu'on n'aura pas remis le sémaphore à l'arrêt autant de fois qu'il a pénétré de trains dans la section bloquée.

En cas de dérangement des appareils, il n'est pas délivré de bulletin de marche prudente; l'espacement des trains à la distance est remplacé par l'espacement au temps suivant les règles ordinaires.

Réseau de l'Est. — On a employé autrefois sur ce réseau les appareils Tyer, mais ils ont disparu et ont été remplacés par les électro-sémaphores du Nord.

Le mode d'application du block-system y est d'ailleurs presque identique à celui du Nord, sauf en ce qui concerne l'appareil memento de pénétration, qui n'est pas employé sur l'Est.

Réseau d'Orléans. — On emploie sur ce réseau les électro-sémaphores Lartigue, Tesse et Prudhomme, un peu modifiés par MM. Heurteau et Guillot. Quoique les électro-sémaphores du Nord aient toujours fonctionné d'une

façon très satisfaisante, on a craint cependant pour eux un dérangement causé par l'électricité atmosphérique, et c'est pour les soustraire à cette influence qu'a été imaginé le perfectionnement apporté à ces appareils sur le réseau d'Orléans ; ce résultat est obtenu très simplement au moyen d'un courant électrique.

Conditions d'application. — Sur le réseau d'Orléans, tant que les appareils fonctionnent bien, les stationnaires n'ont pas à s'occuper du temps écoulé depuis le passage du dernier train ; dès que le poste B a rendu voie libre au point A, celui-ci laisse passer le train qui survient. Mais, si la section est bloquée en A, l'entrée de la section AB est absolument interdite ; un train qui se présente doit s'arrêter au poste A, et y attendre que la section soit débloquée. Cette règle ne peut souffrir d'exception qu'en cas de détresse d'un train dans la section ; dans ce cas, le train suivant ou une machine de secours peut pénétrer dans la section, mais seulement moyennant un ordre écrit du stationnaire, prescrivant au mécanicien de marcher avec toutes les précautions nécessaires. En outre, la machine du train en détresse peut être expédiée en avant pour chercher du secours et revenir ensuite à contre-voie reprendre son train. En ce cas, outre l'ordre écrit prescrivant cette manœuvre, le chef de train remet au mécanicien un deuxième ordre écrit destiné au poste B et lui enjoignant de ne pas rendre voie libre au poste A.

Dans le cas où les appareils sont dérangés, le stationnaire manœuvre son sémaphore comme un disque ordinaire et maintient entre les trains les anciens intervalles de temps prévus par le règlement.

Réseau de l'État. — Le block-system est réalisé sur le réseau de l'État au moyen de sémaphores (block Sarroste et Loppé, ou block modèle 1903) complétés par une pédale.

Chaque poste comporte :

1° Un disque avancé couvrant le poste à distance, avec son poteau-limite de protection ;

2° Un sémaphore de cantonnement placé à proximité du poste ; les leviers de manœuvre du signal avancé et du sémaphore sont enclenchés électriquement, de telle sorte qu'on ne puisse ouvrir le disque que si le bras sémaphorique est effacé ;

3° Une pédale électrique, généralement du système Guillaume[1], installée

[1] La pédale Guillaume est employée sur le réseau de l'Etat, dans les installations électriques d'enclenchement ou de block-system, chaque fois qu'il y a lieu de réaliser la fermeture automatique d'un circuit électrique au passage d'un train.

Elle est formée d'une série de petites lames d'acier de 0,002 m. environ d'épaisseur, placées côte à côte et prises entre deux lames de fer, formant comme un peigne à larges dents. La plaque

à trois cents mètres au delà du sémaphore : tant que cette pédale n'est pas actionnée par le passage d'un train (ou d'une machine), elle empêche le poste d'autoriser l'ouverture du sémaphore du poste précédent.

Dans le modèle de block le plus récent (1903), les appareils de correspondance entre les postes sont constitués au moyen d'appareils téléphoniques ordinaires, un pour chaque direction.

Des commutateurs avec enclenchement électrique servent à mettre la ligne téléphonique sur une des trois connexions suivantes : attente sur téléphone, réception de déclenchement, envoi de déclenchement.

L'ensemble du système satisfait aux conditions suivantes, pour trois postes consécutifs A, B, C, et pour un train se présentant au poste B venant du canton AB :

1° Le poste B ne peut ouvrir son signal pour admettre le train dans le canton BC que si le poste suivant C lui en a donné l'autorisation, c'est-à-dire a libéré l'enclenchement de B;

2° Cette libération ne peut être réalisée que par le concours et après entente des deux postes C et B ;

3° En fermant son signal après que le train a pénétré sur le canton BC, le poste B enclenche automatiquement ce signal, qui ne pourra plus être déclenché qu'après que toutes les conditions du programme auront été de nouveau satisfaites;

4° Le poste B ne peut libérer l'enclenchement de A, pour lui permettre d'ouvrir l'accès du canton AB, qu'après avoir fermé son propre signal.

5° Il faut, en outre, que le train précédent soit sorti du canton AB, c'est-à-dire, pratiquement, qu'il ait actionné la pédale de sortie de ce canton.

Normalement, les signaux des divers postes sont à l'arrêt et les manivelles des commutateurs dans la position : Attente sur téléphone.

Lorsqu'un poste terminus veut mettre son sémaphore à voie libre pour laisser pénétrer un train sur le canton, il doit, en général, demander au poste suivant le déclenchement de ce sémaphore, au plus tard dès que le train est en vue. S'il s'agit d'un poste intermédiaire, qui reçoit du poste précédent l'annonce d'un train, il doit demander aussitôt au poste suivant le déclenchement de son propre sémaphore :

Au moment du passage du train devant le poste d'entrée du canton, ce

ainsi constituée est montée sur un tasseau en bois de chêne muni à ses deux extrémités d'une équerre en fer, dont la partie inférieure forme mâchoire pour emboîter le dessous du rail.

L'appareil se monte à l'extérieur du rail entre deux traverses et de façon que les lames soient un peu au-dessus de la surface de roulement du rail.

La prise de courant se fait à l'aide d'un serre-fils placé sur la lame de fer qui relie les dents de l'appareil.

Au passage d'un véhicule, le bandage de la roue met en contact le rail avec les lames de la pédale, ferme le circuit électrique venant de la pile et envoie un courant dans l'appareil avec lequel la pédale est reliée.

train est annoncé au poste suivant par téléphone : *Train parti ;* puis le sémaphore de ce poste est immédiatement remis à l'arrêt.

Enfin, lorsqu'un train a dégagé un canton de block et a agi sur la pédale de sortie de ce canton, un voyant blanc apparaît, au poste de sortie, à la fenêtre du commutateur au-dessus de laquelle sont inscrits ces mots : *Pouvez accorder le déclenchement.*

Conditions d'application. — Sur le réseau de l'État, la règle absolue est qu'il ne doit jamais y avoir deux trains engagés en même temps entre deux sémaphores consécutifs. Cette règle ne souffre qu'une seule exception, habituellement admise dans le block-system absolu, savoir : le cas d'une détresse dans le canton.

Dans ce cas, l'autorisation de pénétrer dans le canton bloqué est donnée par écrit par le garde-sémaphore au moyen d'un bulletin de marche prudente extrait d'un carnet à souche qu'il remet au chef de train et qu'il signe, après y avoir mentionné le numéro du train et celui de la machine. Les mêmes renseignements sont portés sur la souche du carnet qui doit, en outre, être signée par le chef de train et le mécanicien. Le chef de train donne au mécanicien l'ordre de pénétrer dans le canton bloqué en lui présentant le bulletin signé du garde-sémaphore ; il remet ce bulletin au poste de sortie du canton.

L'autorisation de pénétrer dans un canton bloqué ne doit être donnée, en principe, qu'au premier train ou à la première machine qui se présente. Toutefois, l'agent du poste d'entrée peut autoriser l'entrée d'un nouveau train, s'il reçoit l'annonce d'une nouvelle détresse survenue dans le canton bloqué. Mais, en aucun cas, le nombre des trains présents dans le canton ne peut être supérieur à trois.

D'ailleurs, avant d'introduire un train dans un canton bloqué, l'agent du poste d'entrée en prévient par téléphone le poste suivant qui doit lui accuser réception de son annonce.

En outre, l'agent de poste de service ne peut libérer le sémaphore du poste d'entrée qu'après avoir vu passer devant son poste les trains ou machines qui avaient été autorisés à pénétrer dans le canton bloqué, ces trains ou machines portant les signaux réglementaires d'arrière, ou après avoir reçu l'attestation écrite du chef du train de secours ou du mécanicien de la machine de secours qu'il n'a abandonné aucun véhicule sur la voie.

Enfin, quand un poste qui a dû faire pénétrer des trains dans un canton bloqué, reçoit le déclenchement du poste suivant, il doit encore arrêter le premier train qui se présente dans le canton libre et lui remettre un bulletin indiquant : « Marche prudente, reprise du service normal. » Ce bulletin est remis au poste de sortie, qui en accuse réception par téléphone au poste d'entrée.

En cas de dérangement des appareils, le block-system cesse de fonctionner; le garde-sémaphore est chargé de maintenir entre les trains l'intervalle de temps réglementaire, après les avoir arrêtés à son poste et en leur remettant un bulletin sur lequel il indique que les appareils sont dérangés depuis telle heure.

Réseau du Midi. — La compagnie du Midi, qui n'avait autrefois qu'un petit nombre de sections sur lesquelles le block-system fût exigible, d'après la circulaire du 13 septembre 1880, l'avait réalisé au moyen de l'appareil Regnault.

Elle a installé plus récemment, sur la section de Bordeaux à Langon, le block automatique américain, système Hall, avec signaux Banjo.

La longueur de la section est de 41,600 km.; elle comprend onze gares intermédiaires et a été divisée en autant de cantonnements qu'il y a d'intervalles compris entre deux gares voisines. La limite de deux sections consécutives est constituée par un joint de voie isolé, établi dans chaque gare à une certaine distance au delà de la dernière aiguille rencontrée sur la voie principale.

Les signaux sont de deux types distincts : le *disque d'entrée Banjo* et le *sémaphore Banjo* qui ont respectivement la signification attribuée par le code des signaux au disque et au sémaphore.

Ces signaux se distinguent par la forme de la boîte qui constitue leur enveloppe extérieure; la boîte du disque est ronde, celle du sémaphore est carrée. Ces boîtes sont fixes, leur grande face perpendiculaire à la voie; pour chacun des deux signaux l'indication de voie fermée est donnée, le jour par un grand voyant rouge placé au droit d'une fenêtre circulaire ménagée dans la face avant de la boîte; l'absence de voyant rouge indique voie libre. Pendant la nuit, les feux présentés aux mécaniciens sont ceux que prescrit le code des signaux pour les disques et les sémaphores.

Chaque section de cantonnement est commandée à son origine par un sémaphore Banjo, précédé par un disque d'entrée Banjo, placé à une distance au moins égale à celle qui doit exister réglementairement entre un disque d'entrée et son poteau-limite de protection.

La position normale de tous les signaux est celle de fermeture.

Ces signaux fonctionnent automatiquement sous l'action de courants de faible intensité circulant dans les rails de la voie, qui est, à cet effet, équipée électriquement et divisée, par les joints isolés, en sections de circuits de voie, réalisant le programme ci-après.

Les signaux couvrant une section s'ouvrent *simultanément*, pourvu que la section soit libre jusqu'au disque d'entrée de la section suivante, au moment où le premier essieu d'un train franchit un joint de voie isolé appelé

joint annonciateur; ce joint est placé à 500 mètres au moins en avant du disque d'entrée protégeant la section, de manière que les mécaniciens des trains les plus rapides ne puissent avoir d'hésitation sur la position d'ouverture ou de fermeture du signal. Les signaux se bloquent ensuite *successivement* dans la position de fermeture dès que le premier essieu a dépassé un joint de voie isolé appelé *joint bloqueur*, situé à 30 mètres au moins au delà de chaque signal; ils ne se débloquent, tout en restant dans la position de fermeture, que lorsque le dernier véhicule est réglementairement couvert par le disque d'entrée de la section suivante, c'est-à-dire lorsque le dernier essieu a franchi un joint isolé appelé *joint débloqueur,* établi dans des conditions variables suivant la disposition des diverses stations rencontrées.

Le block automatique système Hall a été également appliqué sur la section de Laroche à Cravant (38,1 km. du réseau P.-L.-M.). Il est employé d'une manière courante aux États-Unis d'Amérique[1].

En résumé, on voit que les conditions d'application du block-system, en France, varient d'un réseau à l'autre, de même que les appareils employés pour le réaliser. L'étude des conditions auxquelles doivent théoriquement satisfaire les appareils du block-system a été faite par M. Cossmann d'une manière très complète et fort intéressante dans une note intitulée *Considérations sur l'emploi du Block-System,* publiée par le *Génie civil* en 1882. Nous en citerons seulement la conclusion, qui, malgré l'ancienneté de cette étude, est encore aujourd'hui exacte.

D'après M. Cossmann, un appareil-type de block-system doit, pour être complet, satisfaire aux six conditions suivantes :

« 1° *Ne laisser pénétrer un train dans une section qu'après l'avoir annoncé au poste situé à l'extrémité de cette section;*

« 2° *Ne pouvoir débloquer l'entrée d'une section bloquée sans l'intervention du poste vers lequel se dirige le train qui occupe cette section;*

« 3° *Aux postes intermédiaires proprement dits, ne pouvoir débloquer la section qu'un train vient de quitter, sans avoir préalablement bloqué celle dans laquelle il entre;*

« 4° *Aux gares et stations, ne pouvoir débloquer la section qui précède la gare, que lorsque le train a effectivement quitté la voie principale, soit pour se garer, soit pour continuer sa route;*

« 5° *Ne pouvoir effacer les signaux de départ à l'origine de la ligne du*

[1] On trouvera dans le *Bulletin du Congrès international des Chemins de fer* (février et avril 1900) des rapports de MM. Carter (pour les États-Unis) et Cossmann (pour les autres pays) donnant des renseignements très complets sur l'installation et le fonctionnement de ce système de block. Consulter également le numéro d'octobre 1904 de la même publication; on trouvera notamment, dans le rapport de M. Margot, le compte rendu des applications faites en France sur les réseaux du Midi et de P.-L.-M.

block et dans les stations où les trains se garent, qu'après avoir bloqué la section dans laquelle s'engage le train;

« 6° *Ne pouvoir effacer le disque avancé qui couvre à distance une section bloquée, avant que cette section ait été débloquée;*

« Lorsque toutes ces conditions sont absolument remplies, il ne peut arriver d'accident que si les mécaniciens ne respectent pas les signaux d'arrêt, ou si le fonctionnement de l'appareil est sujet à des perturbations indépendantes du principe sur lequel il repose. »

Comparaison entre le block-system adopté en France et celui qui est pratiqué en Angleterre. — La question s'est souvent posée de savoir si le block-system appliqué en France est aussi sévère que dans le pays même où il a pris naissance, en Angleterre. Or, il résulte de l'exposé qui précède que, si l'on met à part le réseau de l'Ouest, qui applique le block permissif (cantonnement électrique), c'est, soit le block absolu, soit le block conditionnel qui est réalisé sur les différents réseaux français.

Or, sur les réseaux anglais, c'est dans des conditions très analogues à celles de ce dernier système que les règles du cantonnement sont appliquées. Voici en effet la traduction d'un fragment du règlement du *London and North Western,* l'une des plus importantes compagnies anglaises qui appliquent le système appelé « *absolute block telegraph* » d'après l'expression anglaise exacte. Ce fragment de règlement est d'ailleurs à peu près identique à celui que pratiquent presque toutes les compagnies anglaises.

« Art. 81. — Sur les lignes exploitées par le block-system absolu, un second train ou machine ne peut être autorisé à entrer dans une section avant que le train ou la machine précédente n'ait été signalé comme en étant sorti, excepté dans les circonstances indiquées aux articles 100 et 101, pour prévoir les cas d'accidents aux trains ou aux appareils...

« Art. 100. — En cas de dérangement aux appareils....., aucun train ne peut, sous aucun prétexte, être autorisé à dépasser un poste et à entrer dans la section où l'avarie est survenue, sans avoir au préalable marqué l'arrêt complet et sans que le mécanicien et le conducteur aient été avertis de l'occurrence. »

L'article 100 dispose en outre qu'après avoir attendu cinq minutes (ou dix s'il y a un tunnel dans la section), le mécanicien peut pénétrer dans cette section après avoir reçu l'ordre de marcher avec prudence et de se mettre en mesure de s'arrêter avant tout obstacle qu'il pourrait apercevoir.

L'article 101 contient des dispositions analogues en cas de trains en détresse.

Il résulte, au surplus de renseignements continus dans une note de

M. Mange de 1898[1] que le block-system appliqué à cette époque sur toutes les lignes à double voie de l'Angleterre (soit 19000 km.) était réalisé, soit au moyen de simples appareils de correspondance (sur plus de 17000 km.), soit au moyen du block enclenché sans pédale (sur une faible longueur), soit enfin au moyen du block enclenché avec pédale (sur 1200 km. environ). Il résulte de là que 94 p. 100 environ des lignes anglaises étaient exploitées à cette époque avec un système de block qui, tout en sauvegardant parfaitement la sécurité tant que les agents observent les règlements, donne assurément moins de garanties contre la faillibilité humaine que celui des chemins de fer français.

En particulier il est intéressant de remarquer que l'emploi du block enclenché avec pédales, tel qu'il est réalisé sur le réseau de l'État français, met le service à l'abri de toute erreur ou négligence des stationnaires, qui ne peuvent donner le déclenchement au poste amont, en fermant leur signal, sur le *simple souvenir* de la sortie du train précédent. Non seulement la manœuvre pour l'envoi du déclenchement est impossible tant que le train n'est pas effectivement sorti du canton et n'a pas franchi la pédale, mais en outre, le voyant qui apparaît au poste de sortie et qui y reste en permanence, donne à tout moment au stationnaire la confirmation de cette sortie, dont le souvenir pourrait s'effacer avec le temps.

Longueurs des sections et dépense du block-system. — La fixation de la longueur des sections est une des questions les plus importantes à résoudre lorsqu'on installe un block-system. C'est d'elle en effet que dépend la capacité de trafic de la ligne. Si les sections sont trop longues, on risque de voir les trains obligés de s'arrêter tous les jours à l'entrée de la même section ; si elles sont trop courtes, la vitesse des trains se trouve nécessairement réduite, puisqu'ils doivent être en état de s'arrêter à chaque poste. Cette longueur dépend de l'importance de la circulation, du profil et du tracé de la voie ; en outre, d'autres considérations, telles que l'emplacement des stations, des passages à niveau, des bifurcations influent également sur le choix à faire pour l'établissement des postes. On peut faire l'étude de cette question au moyen du graphique de la marche des trains.

Soient A et B (fig. 648) deux stations distantes de 3600 mètres. Il est clair, à l'inspection du graphique représenté par la figure que, si la ligne est exploitée d'après le block-system, il est nécessaire de mettre au moins un poste entre ces deux stations pour que les trains représentés par les lignes K, L, M, N, O, etc., ne se gênent pas entre eux. Si l'on établit un seul poste intermédiaire α à égale distance de A et de B, on voit, en traçant les

[1] *Revue générale des Chemins de fer* (juillet 1898).

lignes verticales *cc*, qui passent par les points de rencontre des obliques représentant les trains M, P, R avec l'horizontale α, que ces verticales rencontrent les obliques du train suivant ; de même pour la verticale *ff*, tracée dans la deuxième section. Donc, avec un seul poste intermédiaire α, la marche des trains N, Q, S serait toujours gênée par celle du train précédent. On est ainsi conduit à établir deux postes intermédiaires β et γ, au lieu d'un seul, et l'inconvénient signalé disparaît complètement.

Quand les postes sont convenablement établis, en tenant compte de toutes les circonstances que nous venons d'indiquer, le block-system est un excellent régulateur de la circulation des trains et il ne lui apporte aucune gêne.

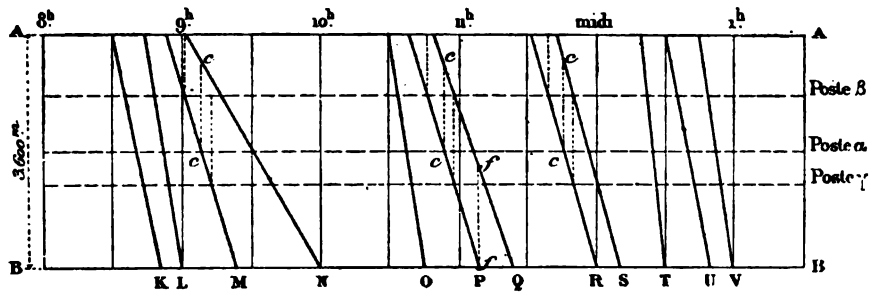


Fig. 648. — Espacement des postes du block-system.

La longueur des sections est variable suivant les lignes ; aux abords de Paris, sur les sections très chargées, elle est moyennement de 1 000 à 1 200 mètres ; sur les lignes à circulation moins active, elle peut atteindre 2 et même 3 kilomètres ; mais, dès que la circulation est de cinq trains à l'heure dans le même sens, il est bon de ne pas dépasser ce dernier chiffre.

On peut admettre que l'installation du block-system, établi dans ces conditions, coûtera 2 000 francs par kilomètre environ, quels que soient d'ailleurs les appareils adoptés.

De l'application du block-system sur le Métropolitain-Railway, à Londres. — Le Métropolitain-Railway, qui est parcouru par des trains se succédant, à certaines heures de la journée, à moins de trois minutes d'intervalle, est exploité au moyen d'un block-system, dont les installations sont spéciales à ce genre particulier d'exploitation. Là, les sections sont très courtes, ce qui n'a pas d'inconvénient, la vitesse des trains étant d'environ 18 kilomètres à l'heure seulement, arrêts compris. A l'origine, les postes étaient établis aux stations, distantes de 800 à 900 mètres ; mais depuis, on a à peu près doublé le nombre des postes, pour réduire la longueur des sections à 400 mètres et permettre une circulation extraordinairement active. Le service est fait par un agent préposé aux signaux (*signalman*), installé dans

un petit pavillon vitré, placé à une certaine hauteur au-dessus des voies, et chargé de manœuvrer les trois sortes d'appareils dont chaque poste est muni, savoir : le télégraphe à signaux, l'appareil à sonnerie, et le télégraphe ordinaire. Avec une circulation aussi active, le service des signalmans exige une attention très soutenue ; aussi ne dure-t-il jamais plus de huit heures de suite ; il leur est, en outre, interdit de recevoir personne dans leur pavillon. L'exploitation, ainsi organisée, réalise un block-system absolu très rigoureux et qui donne des résultats très satisfaisants [1].

De l'emploi du block-system sur les chemins de fer étrangers. — Ce mode d'exploitation est actuellement adopté dans tous les pays où les chemins de fer ont pris une grande importance, et les appareils employés pour le réaliser sont analogues à ceux dont nous avons parlé. Aux États-Unis, on se sert d'appareils automatiques. On y applique d'ailleurs le block permissif et on n'impose aux mécaniciens qu'un simple ralentissement lorsqu'ils pénètrent dans une section bloquée, après avoir attendu un certain temps à l'entrée de cette section.

Le pays où le block-system est le plus employé est assurément la Grande-Bretagne ; c'est là qu'il a pris naissance et qu'il s'est le plus développé. On peut dire qu'actuellement en Angleterre toutes les lignes à double voie sont soumises à ce mode d'exploitation.

Conclusion. — En résumé, le block-system est un mode d'exploitation dont l'efficacité est aujourd'hui absolument reconnue. Il assure à la fois, quand il est convenablement établi, la sécurité et l'activité de la circulation, et il n'est pas douteux qu'avec l'accroissement considérable du trafic des voies ferrées, son emploi ne devienne de jour en jour plus étendu. « La dépense que nécessite l'installation du block-system, dit M. Cossmann, est, il est vrai, assez élevée ; mais fût-il encore plus coûteux, la sécurité absolue que procure son emploi l'emporterait encore dans la balance, et c'est à cette qualité essentielle qu'il doit être le meilleur et le plus utile des moyens d'exploitation sur les chemins de fer, d'être, en un mot, la ressource de l'avenir [2] ».

[1] Sur le métropolitain de Paris, où les stations sont très rapprochées, et où les trains se succèdent à très faible intervalle, leur espacement est assuré au moyen du block automatique Hall.

[2] On consultera avec fruit, sur cette question, les ouvrages suivants :

Sartiaux. Note sur le block-system, *Annales des Ponts et Chaussées*. Septembre 1877.

Clérault. Note sur les électro-sémaphores de MM. Lartigue, Tesse et Prudhomme, *Annales des Ponts et Chaussées*. Août 1877.

Cossmann. Considérations sur l'emploi du bloc-system, *Génie civil*, 1882.

Huberti. Etude sur le bloc-system, *Revue universelle des Mines*. Liège, 1882.

Sartiaux. Quelques mots sur le block-system, *Revue générale des Chemins de fer*. Novembre 1883.

E. Brame et L. Aguillon. *Etude sur les Signaux des Chemins de fer français*. Paris, 1883, 2e édition.

Déclenchement des trains en marche. — La compagnie de l'Ouest a introduit, pendant quelques années, dans le service de ses trains express un système de déclenchement en marche qui, bien qu'abandonné aujourd'hui, paraît intéressant à signaler. Dans le but de réduire la durée du trajet de ces trains sur les lignes principales, elle a cherché à supprimer le plus grand nombre possible des points d'arrêt intermédiaires, notamment aux bifurcations, où l'arrêt n'est le plus souvent nécessaire que pour donner à un certain nombre de voyageurs de l'express la possibilité de prendre le train de la ligne d'embranchement. On a été ainsi conduit à rechercher le moyen de

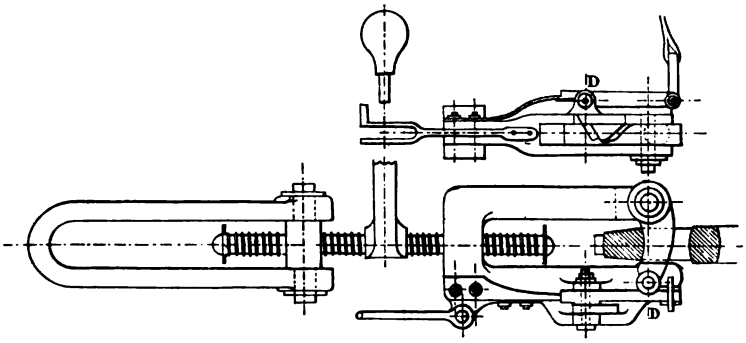


Fig. 649. — Tendeur à déclenchement.

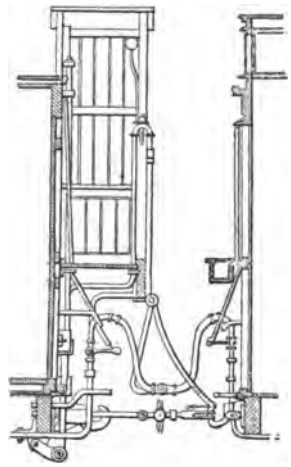


Fig. 650. — Voitures accouplées avec tendeur à déclenchement.

laisser des voyageurs à certaines gares de passage ou à des bifurcations, sans arrêter ni même ralentir les trains express.

A cet effet, on plaçait en queue de ces trains les voitures à destination de ces gares, en les attelant au moyen d'un tendeur spécial, permettant de les décrocher en marche au point voulu. La disposition de ce tendeur à déclenchement et celle des deux voitures accouplées sont représentées par les figures 649 et 650. Le tendeur spécial est à l'avant de la première des voitures à laisser. Cette voiture est munie d'une guérite, où prend place le conducteur chargé d'opérer le déclenchement. Pendant l'arrêt qui précède la station indiquée, le conducteur décroche les chaînes de sûreté; puis, à l'approche du point où le déclenchement doit avoir lieu, il ferme, au moyen

Suite de la note 2 de la page 192.

Picard. Description et emploi des appareils du block-system de la compagnie P.-L.-M. *Revue générale des Chemins de fer*. Juin 1884.

Cantonnement électrique et cantonnement mécanique de la compagnie de l'Ouest. *Ibid.*, mars 1890.

Moutier. Les appareils du block-system sur les lignes à double voie du réseau du Nord. *Ibid.*, avril 1898.

de chaînes qu'il a à sa portée, les robinets du frein Westinghouse sur les deux voitures et sépare les tuyaux d'accouplement. Enfin, en un point situé en avant de la station et indiqué sur la voie par un poteau, il ouvre, au moyen d'une déclic D, la chape antérieure du tendeur, qui laisse échapper le crochet de la voiture précédente.

A ce moment, le mécanicien ouvre son régulateur en grand pour augmenter sa vitesse, tandis que le conducteur d'arrière, devenu un véritable mécanicien pour la partie du train qui lui est confiée, agit sur le frein continu, de manière à arrêter cette partie du train au point voulu.

Un réservoir spécial, faisant l'office de réservoir principal de frein à air, et un robinet à trois voies, montés sur la voiture disposée pour le déclenchement, permettent d'effectuer l'arrêt de la deuxième partie du train, dans les mêmes conditions qu'avec une machine, en opérant au besoin plusieurs serrages et desserrages.

L'application de ce système a commencé en 1878, sur la ligne de Paris à Saint-Germain, à la gare du Pecq. En 1888 il a été employé pour laisser des voitures aux embranchements de Malaunay et de Beuzeville, pendant la saison des bains de mer, et à la gare de Rambouillet pendant la saison des chasses. Depuis cette époque, les raisons de service qui avaient motivé l'emploi de ce système aux gares dont il s'agit ont disparu et, en fait, il n'est plus utilisé depuis plusieurs années.

§ II. — CIRCULATION A VOIE UNIQUE

Règles de la circulation a voie unique. — Sur les lignes à voie unique, la circulation se fait dans les deux sens sur la même voie : il faut donc, pour éviter les rencontres de trains, des règles toutes différentes de celles qui s'appliquent aux lignes à double voie.

Grâce aux précautions actuellement prises pour protéger la circulation des trains sur les lignes à voie unique, on peut dire qu'elle s'effectue avec une sécurité au moins aussi grande que sur les autres. Cette condition est devenue d'autant plus indispensable que la longueur des lignes à voie unique forme une partie importante du réseau français, depuis la construction du deuxième et du troisième réseau, dont les lignes, ayant généralement un faible trafic, ont été établies pour une seule voie. Ainsi en 1904, le réseau d'intérêt général comprenait 39 355 kilomètres de lignes, dont 16 731 à voie unique, formant plus de 40 p. 100 de la longueur totale exploitée.

C'est cependant sur une ligne à voie unique, entre Flers et Montsecret (réseau de l'Ouest), que s'est produit le 15 août 1879 le grave accident qui a motivé la nomination de la grande commission d'enquête de 1879-1880, dont nous avons déjà mentionné les travaux ; c'est encore sur une ligne de

cette nature qu'a eu lieu, le 10 mars 1886, entre Monte-Carlo et Roquebrune (réseau de P.-L.-M.), la terrible collision de deux trains allant en sens contraire, à la suite de laquelle l'administration a rendu obligatoire l'emploi des freins continus sur tout le matériel de la grande vitesse.

Ces terribles accidents deviennent heureusement de plus en plus rares; les lignes à voie unique, qui sont toujours moins importantes que les lignes à deux voies, sont d'ailleurs habituellement desservies par des trains omnibus et mixtes, plus rarement par des express; les rencontres de trains y sont donc moins à craindre.

Les règles de l'exploitation à voie unique ne sont pas les mêmes sur les différents réseaux français ; d'après le rapport de la commission d'enquête de 1879-1880, deux systèmes sont en présence :

Le premier, qui semble *a priori* donner le plus de garanties de sécurité, consiste à toujours *demander la voie* avant le départ de n'importe quel train. Ce système n'a cependant été adopté que sur un seul réseau, celui de l'Est[1].

A chaque station munie d'appareils télégraphiques, le départ de tout train régulier, aussi bien que de tout train facultatif ou spécial, doit toujours être annoncé au poste le plus proche vers lequel il se dirige, alors même que le tableau de marche indiquerait que ce poste doit être franchi sans arrêt; et on ne lance ou on ne laisse passer le train qu'autant que le stationnaire du poste suivant a répondu en *donnant la voie*. Contrairement à ce qui se passe ordinairement sur les lignes à double voie, les disques des gares sont tenus constamment fermés, et on ne les ouvre que pour l'entrée ou le passage de chaque train.

Le second système, adopté sur tous les autres réseaux, n'oblige pas à demander la voie et à annoncer par le télégraphe le départ des *trains réguliers;* cette obligation n'existe que pour les trains facultatifs ou spéciaux.

Les réseaux qui ont adopté le second système reprochent au premier : d'occasionner des retards sans utilité sérieuse ; d'exiger dans les petites stations un personnel onéreux ou de surcharger de travail le chef de gare ; de multiplier des dépêches uniformes, dont la demande et la réponse sont connues d'avance, qui ne sont plus passées d'un poste à l'autre que machinalement, presque sans attention et souvent même quand le train annoncé a déjà été expédié. Ce dernier inconvénient est certainement le plus grave, dans un service où les dépêches jouent un rôle aussi important.

Le second système paraît suffire complètement à assurer la sécurité, en attribuant régulièrement la voie aux trains dont l'itinéraire est fixé par le tableau de marche et cela sous la garantie de trois responsabilités : celles du

[1] Ce système avait également été adopté sur le réseau de l'Etat au moment de sa formation; il y a été abandonné (1888), par suite de l'emploi exclusif des cloches électriques sur toutes les lignes à voie unique.

mécanicien, du chef de train et du chef de station. La demande de voie n'est pas nécessaire tant que la fixité des croisements est maintenue, et, en service normal, il y a bien des journées où il n'y a pas un seul croisement à changer. En outre, comme nous le verrons plus loin, l'obligation de la demande de voie pour tous les trains peut être avantageusement remplacée par l'emploi des cloches électriques, qui a été rendue obligatoire par l'Administration sur toutes les lignes à voie unique, quel que soit le nombre des trains qui les parcourent.

Nous considérerons donc comme la règle normale de l'exploitation à voie unique celle qui résulte de l'application du second système et qui est la suivante : tout train, autre qu'un train régulier, ne peut s'engager sur une section à voie unique qu'après avoir demandé et obtenu la voie, d'accord entre les deux stations de départ et d'arrivée. Quant aux trains réguliers, ils ne peuvent être expédiés que si la voie n'a pas été donnée à un autre train ; mais, la voie étant libre, leur itinéraire de marche équivaut à une demande et à une réception de voie.

Dès lors, voici comment la circulation s'effectue. Les trains réguliers ont leur marche et leurs croisements déterminés ; ils circulent donc, sans demande de voie, dans les conditions prévues. Les autres trains, facultatifs ou spéciaux, ne peuvent s'engager que de station en station, en demandant et en recevant chaque fois la voie, qui leur est donnée par l'échange de dépêches télégraphiques. En cas de dérangement dans les appareils du télégraphe, la circulation de ces trains est interrompue, à moins que leur marche n'ait été réglée à l'avance, ce qui les assimile aux trains réguliers.

Ce système ne présente aucune difficulté tant que la marche des trains s'accomplit conformément aux prévisions. Mais, en cas de retard d'un train, il faut nécessairement pouvoir modifier les croisements, sans quoi on s'exposerait à mettre en retard tous les trains qui circulent sur la section.

Les règlements particuliers des divers réseaux déterminent avec précision et jusque dans les moindres détails les précautions à prendre et les dépêches à échanger dans ce cas. Voici, à titre d'exemple, ce qui est prescrit sur le réseau de l'État.

En règle générale, un train ne doit pas partir d'une gare, où il doit croiser un autre train, avant l'arrivée de ce dernier.

Toutefois, en cas de retard de l'un des deux trains, le chef de la gare où devait s'opérer le croisement, d'après le tableau de marche des trains réguliers ou d'après les ordres relatifs à la marche des trains spéciaux, peut reporter le croisement à la gare suivante du côté du train en retard, après s'être renseigné sur la marche de ce train et avoir acquis l'assurance qu'il n'est pas parti de la gare suivante, et *qu'il y sera retenu et gardé jusqu'à l'arrivée à cette gare du train devant l'y croiser.*

Dans ces circonstances, les dépêches à échanger entre la gare A, point de croisement normal des trains n° X et n° Y, et la gare suivante B, dans le sens de la marche du train n° X, lorsque le train n° Y est en retard, sont les suivantes :

PREMIÈRE DÉPÊCHE

(Adressée par la gare A, où se trouve le train n° X, à la gare B.)

« *Renseignez-moi sur le train n° Y.* »

RÉPONSE DE LA GARE B A LA GARE A

(Dans le cas où le train n° Y n'est pas encore arrivé à la gare B.)

« *Train n° Y en retard de..... heures..... minutes, n'est pas encore arrivé à B.* »

DEUXIÈME DÉPÊCHE DE A A B

« *Retenez train n° Y. — Je vous enverrai train n° X.* »

RÉPONSE DE LA GARE B A LA GARE A

« *Je retiendrai train n° Y. — Expédiez train n° X.* »

Le train n° X peut alors s'avancer en toute sécurité jusqu'à la station B, qui agit vis-à-vis de la station suivante comme la station A a agi envers elle. Le train n° X s'avance ainsi de station en station jusqu'à celle où il croise effectivement le train n° Y, sans avoir à subir le retard de ce dernier.

Les divers incidents de route auxquels peut être exposé un train sur une voie unique sont les mêmes que sur les doubles voies; les mesures à prendre sont donc en général les mêmes, avec cette différence, toutefois, qu'au lieu de se couvrir d'un seul côté par les signaux réglementaires, un train arrêté en pleine voie doit se couvrir des deux côtés.

Sur la plupart des réseaux, les règlements prescrivent d'avoir, pour chaque section à voie unique, un agent spécial désigné par un ordre du chef de l'exploitation et chargé de prendre toutes les mesures que les circonstances peuvent exiger pour assurer la sécurité et la régularité de la circulation. Cet agent porte, pendant qu'il est chargé de ce service, le titre d'*Agent spécial de la voie unique*. Aucun ordre, aucune instruction concernant la circulation des trains ne doit être transmis au personnel, autrement que par l'intermédiaire de cet agent. Il a seul qualité pour donner ou transmettre les ordres qui peuvent apporter, dans la circulation des trains et des machines, des modifications autres que celles dont l'initiative appartient aux chefs de gare.

Les règlements des divers réseaux fixent habituellement dans tous leurs

détails les mesures à prendre dans chaque cas particulier, afin d'éviter toute hésitation de la part du personnel chargé d'assurer la sécurité.

Parmi les incidents qui peuvent se produire dans l'exploitation des lignes à voie unique, nous en citerons deux, à titre d'exemple, en indiquant les mesures qui sont prises en pareil cas sur le réseau de l'État.

Dédoublement d'un train sur la voie unique. — Lorsque par suite de l'affluence des voyageurs ou des marchandises à transporter, un train se trouve insuffisant, on peut le dédoubler par la création d'un train supplémentaire qui porte le même numéro, suivi de l'indication *bis*.

Dans ce cas, le premier train doit signaler le train supplémentaire, au moyen des signaux réglementaires (drapeau vert ou feu vert placé à l'arrière du train à droite dans le sens de la marche).

Le dédoublement d'un train sur la voie unique ne peut avoir lieu que sur l'ordre des chefs de gare autorisés à cet effet par le chef de l'exploitation ; mais l'autorisation de l'agent spécial de la voie unique n'est pas nécessaire dans ce cas.

Le chef de gare qui fait dédoubler un train doit, aux termes des règlements :

1° Donner l'*ordre écrit*, sur la feuille de marche du premier train, de *s'arrêter à toutes les gares où le service n'est pas interrompu et qui sont pourvues d'une voie d'évitement ou de garage ;*

2° *Rédiger un avis écrit qu'il remet à un agent monté sur la machine du premier train. Cet agent est spécialement chargé de faire viser l'avis par les chefs de toutes les gares, et par les chefs et les mécaniciens de tous les trains qu'il croise ou qu'il trouve garés,* pour laisser passer le train qu'il accompagne.

En cas de croisement, si le train qu'il doit croiser est déjà en gare, l'agent porteur de l'*avis* relatif au dédoublement doit faire *viser cet avis* par le mécanicien et par le chef de train, avant de le faire *viser* par le chef de gare.

Pour l'exécution de ces prescriptions, les mesures de détail suivantes doivent être rigoureusement observées :

L'agent porteur de l'avis relatif au dédoublement doit être muni, le jour, d'*un drapeau rouge à hampe ferrée*, et la nuit, d'*une lanterne à feu rouge*.

A l'arrivée dans une gare où le train dédoublé n'a aucun train à croiser, cet agent doit, aussitôt son train arrêté, descendre de la machine et planter son drapeau rouge ou placer sa lanterne à feu rouge de manière à arrêter tout train ou toute machine qui surviendrait en sens contraire. Il se rend ensuite auprès du chef de gare pour lui faire viser l'avis relatif au dédoublement, et il l'invite à substituer au drapeau rouge ou à la lanterne à feu

rouge qu'il vient de placer sur la voie un drapeau rouge ou une lanterne à feu rouge fourni par la gare et installé dans les mêmes conditions. Il ne doit d'ailleurs reprendre son drapeau ou sa lanterne pour remonter sur la machine qu'après s'être assuré que le chef de gare a bien fait le nécessaire à cet effet. Le chef de gare, à son tour, ne doit enlever son drapeau rouge ou sa lanterne à feu rouge qu'après l'arrivée du deuxième train.

En arrivant à une gare de croisement, l'agent porteur de l'avis de dédoublement doit descendre de la machine au moment où elle s'arrête en deçà de l'aiguille de branchement de la voie d'évitement sur la voie directe (ainsi que cela est prescrit par le règlement). Il s'avance ensuite *à pied* vers la gare, en suivant la voie que doit prendre le train croiseur, et en tenant à la main son drapeau rouge déployé ou sa lanterne à feu rouge, de façon à pouvoir arrêter le train croiseur, dans le cas où ce dernier viendrait à franchir la gare.

Si le train croiseur est déjà arrêté en gare, l'agent plante son drapeau rouge ou place sa lanterne à feu rouge sur l'accotement de la voie, en avant de la machine de ce train, de manière à l'empêcher de partir. Il fait viser par le mécanicien et par le chef du train croiseur l'*avis écrit* relatif au dédoublement, avant de le faire viser par le chef de gare.

Si le train croiseur n'est pas arrivé, l'agent doit, en arrivant à la hauteur du point normal de stationnement de la machine de ce train, planter son drapeau rouge sur l'accotement de la voie, ou y placer sa lanterne à feu rouge, de manière à présenter le signal d'arrêt au train croiseur attendu. Il se rend ensuite auprès du chef de gare pour lui faire viser l'*avis écrit* de dédoublement. Il fait également viser cet avis par le mécanicien et le chef du train croiseur, dès l'arrivée de ce train. Il ne reprend d'ailleurs son drapeau ou sa lanterne placé sur la voie qu'après l'avoir fait remplacer par un drapeau ou une lanterne appartenant à la gare.

Le chef de gare, à son tour, doit maintenir son drapeau ou sa lanterne en avant de la machine du train croiseur jusqu'après l'arrivée du deuxième train, de manière à empêcher le départ du train croiseur par suite d'un signal mal compris ou d'une erreur quelconque.

Enfin, à l'arrivée dans une gare où le train a été garé pour laisser passer le train dédoublé, l'agent porteur de l'avis de dédoublement, après avoir planté son drapeau ou placé sa lanterne comme il est dit ci-dessus, se rend immédiatement auprès du chef et du mécanicien du train garé pour leur faire viser l'avis relatif au dédoublement.

Train en détresse sur la voie unique. — Il peut arriver qu'un train, tombé en détresse sur une ligne à voie unique, après avoir demandé le secours par l'arrière, puisse se remettre en marche avant l'arrivée de la machine de secours.

Dans ce cas, des précautions spéciales sont à prendre pour empêcher qu'une collision se produise entre ladite machine de secours et l'un des trains marchant en sens contraire.

Les règlements prescrivent dans ce but que le train qui était tombé en détresse doit, dans tous les cas, s'arrêter à la première gare située en avant et que le chef de ce train doit informer le chef de cette gare de la demande de secours qui a été faite. Le chef de gare, ainsi prévenu, doit retenir tous les trains marchant en sens contraire de la machine de secours, jusqu'à ce que celle-ci soit arrivée. Toutefois, lorsque le télégraphe fonctionne, ces trains peuvent continuer leur marche de gare en gare, en s'arrêtant à chacune d'elles et après avoir obtenu l'assurance, par l'échange de dépêches réglementaires entre lesdites gares, que la machine de secours n'est pas partie de la gare suivante.

En ce qui concerne le train qui était tombé en détresse, les prescriptions de détail à observer sont tout à fait analogues à celles qui ont été prescrites en cas de dédoublement d'un train sur la voie unique. Mais les signaux d'arrêt sont faits, en arrivant dans la gare, par un conducteur de train qui était tombé en détresse, ou, à défaut de conducteur disponible, par le chauffeur de la machine. Les mesures à prendre par le chef de gare sont également analogues à celles qui se rapportent au cas précédent.

Cloches électriques. — Les mesures qui précèdent suffisent généralement, quand elles sont bien appliquées, pour prévenir les accidents sur les lignes à voie unique. Cependant l'expérience a montré qu'il était nécessaire de les compléter par des signaux spéciaux, destinés à parer à l'oubli de ces mesures ou aux erreurs qui peuvent se produire dans leur application.

En France, ces signaux spéciaux, actuellement obligatoires pour toutes les lignes à simple voie, sont les cloches électriques employées depuis longtemps en Allemagne, en Autriche, en Italie, en Hollande, etc., où elles sont devenues d'un usage général.

Ces cloches sont des appareils destinés à envoyer sur une ligne, au moyen de courants électriques, des signaux acoustiques fournis par des sonneries conventionnelles. Elles permettent d'annoncer le départ de chaque train par le signal le plus rapide équivalant à la demande de voie. Elles préviennent tous les gardes des passages à niveau de l'arrivée prochaine et du sens de tous les trains. Elles permettent de signaler, sur toute la section, les véhicules partis en dérive. Elles donnent enfin, avec la plus grande simplicité, la ressource extrême du *signal d'alarme* ou d'arrêt de tous les trains, que tant d'inventeurs ont cherché vainement à réaliser par l'emploi des moyens les plus variés et les plus compliqués.

La première application des cloches à l'exploitation des lignes à voie

unique a été faite en France par la compagnie du Nord en 1862; elles ont été définitivement adoptées sur ce réseau en 1865, sur la proposition de M. Félix Mathias. Les appareils dont se sert cette compagnie sont du type allemand de *Siemens et Halske*, de Berlin, connu sous le nom de *cloche à pigeonnier;* ils fonctionnent au moyen de l'électricité d'induction fournie par une source spéciale d'électricité placée en chaque poste.

La compagnie P.-L.-M., qui a commencé à introduire les cloches sur son réseau en 1877, a donné d'abord la préférence aux *cloches autrichiennes* (*système Léopolder*, de Vienne), actionnées par le courant des piles. Mais, afin de diminuer la dépense d'établissement des appareils à cloche pour les postes de pleine voie, cette compagnie emploie maintenant, au lieu des cloches Léopolder, qu'il est nécessaire d'abriter dans des guérites, des cloches Siemens montées sur des colonnes et modifiées de façon à fonctionner au moyen d'un courant continu.

Les autres compagnies qui, après des hésitations plus ou moins prolongées, ont fini par suivre l'exemple des deux réseaux du Nord et de P.-L.-M., ont également adopté les cloches du type Siemens, en les actionnant soit par des courants d'induction, soit par le courant continu des piles.

On a reproché aux cloches électriques la monotonie et le caractère fugitif de leurs signaux, ainsi que la confusion qui peut en résulter dans le souvenir des agents de la voie et qui pourrait occasionner, soit des arrêts intempestifs, soit, ce qui serait plus grave, l'inobservation des signaux transmis par ces appareils.

« L'expérience faite sur les lignes allemandes, dit M. Guillebot de Nerville dans son rapport présenté au nom de la Commission d'enquête de 1879-1880, où plus de 50 000 de ces appareils sont en service, et sur deux réseaux français (Nord et P.-L.-M.), où les cloches protègent déjà la circulation sur plus de 2 000 kilomètres de voie unique, répond suffisamment à ces objections et démontre qu'elles n'ont pas de fondement sérieux.

« Les cloches s'adressent, non pas tant aux agents du service proprement dit de la voie, habituellement attentifs d'ailleurs aux signaux, qu'aux gardiens des passages à niveau, qui sont toujours à leur poste. Même sur les lignes où on en a, en quelque sorte, abusé en les employant à transmettre un grand nombre de signaux spéciaux, elles n'ont jamais causé d'accidents. Elles en ont, au contraire, déjà beaucoup prévenu. Ainsi, sur le réseau du Nord, elles ont déjà fait éviter huit accidents graves; un seul aurait suffi à justifier la dépense de leur établissement. Sur les lignes de la Méditerranée, on n'a commencé à les utiliser que depuis l'accident de Châtillon (17 septembre 1876); elles ont déjà prévenu sur la section de Culoz à Modane, grâce à un signal parti d'un poste intermédiaire, un accident qui eût été certainement très grave. On en étend chaque jour l'application.

« Sans revenir, en terminant, sur les avantages de ces cloches, je me bornerai à rappeler, en insistant, que leur emploi n'entraîne aucune modification dans les règlements en vigueur ; que seules elles peuvent donner le moyen précieux de réparer une erreur, si elle venait à être commise ; qu'elles constituent enfin le seul moyen préservatif qui puisse permettre à certaines lignes, qui auraient à prendre subitement une importance stratégique, de donner passage avec sécurité à des mouvements considérables et inattendus de troupes et de matériel.

« La commission croit donc pouvoir signaler au ministre l'emploi de ces cloches comme le système auxiliaire qui lui paraît le plus pratiquement utile pour augmenter la sécurité de l'exploitation des chemins de fer à voie unique. »

C'est conformément à ces conclusions que l'emploi des cloches électriques a été rendu obligatoire, par une circulaire du 13 septembre 1880, sur les sections à voie unique où circulaient plus de six trains réguliers par jour, dans chaque sens, les compagnies restant, d'ailleurs, libres de leur substituer, si elles le préféraient, le *block-system à signaux extérieurs*.

Ces mesures ayant été reconnues insuffisantes, une nouvelle circulaire, du 12 janvier 1882, a adressé aux compagnies l'invitation formelle d'avoir à installer les cloches électriques *sur toutes les lignes à voie unique*, quel que soit leur trafic, à l'exception toutefois de celles où le service est fait en navette à l'aide d'une seule locomotive[1].

Les cloches du système Siemens, plus ou moins modifiées par les diverses compagnies, sont employées sur tous les réseaux francais[2]. Nous n'entrerons pas dans la description détaillée des différents appareils adoptés ; ils se composent (fig. 651) d'une colonne creuse en fonte B, boulonnée sur un socle de fondation A, également en fonte, enfoncé dans le sol et portant à sa partie supérieure une enveloppe cylindrique C, dans laquelle se trouve placé l'appareil de commande ; au-dessus se trouve la cloche D, à l'intérieur de laquelle est un marteau destiné à fournir les signaux acoustiques en frappant sur la cloche.

L'appareil de commande, placé à l'intérieur du cylindre C, est variable suivant les réseaux ; tantôt il est actionné par des courants d'induction produits par des appareils spéciaux placés dans chaque poste (inducteur Siemens du Nord et de l'Est, inducteur Postel-Vinay de l'Ouest), tantôt son mouvement est obtenu par les interruptions d'un courant de pile permanent (P.-L.-M., Orléans, Midi et État). Dans tous les cas, la production des cou-

[1] Il existe en Allemagne et, en France, sur le réseau du Nord, des cloches électriques sur les lignes à double voie ; mais elles servent, dans ce cas, à annoncer les trains et à échanger certaines communications convenues.

[2] Voir, pour la description des différents systèmes employés l'*Etude sur les différents Signaux des Chemins de fer français*, par MM. Brame et Aguillon.

rants d'induction ou l'interruption du courant permanent ont pour effet de déclencher le marteau, qui vient frapper sur la cloche (fig. 652).

Des appareils semblables sont placés dans les gares et à tous les postes intermédiaires, tels que passages à niveau gardés, postes spéciaux de pleine voie répartis entre les stations, et les coups de cloche se produisent simul-

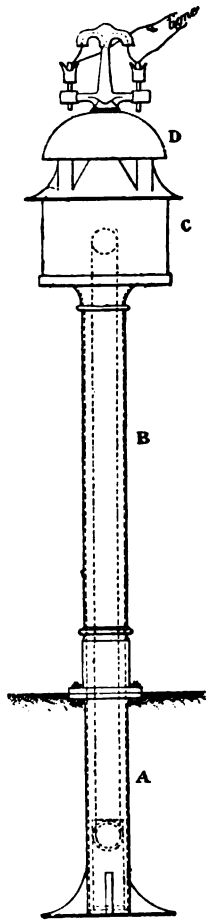


Fig. 651. — Ensemble de la cloche d'Orléans.

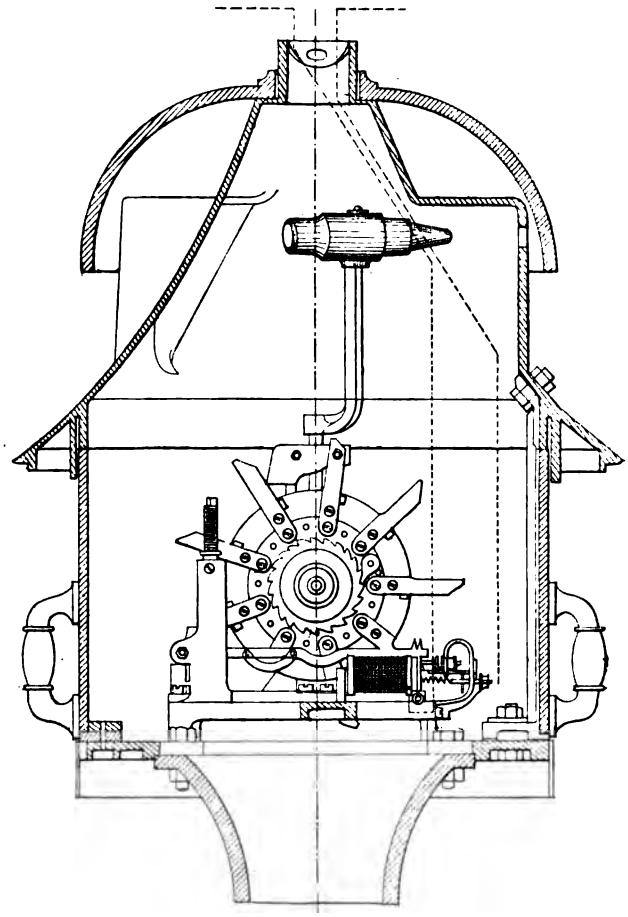


Fig. 652. — Mécanisme de la cloche d'Orléans. Echelle 1/4.

tanément en tous ces points, dès qu'on manœuvre un appareil quelconque situé dans la section comprise entre deux stations.

Il suffit, dès lors, d'adopter un langage conventionnel formé par la combinaison d'un certain nombre de coups de cloche, pour pouvoir envoyer, de chaque station ou de chaque poste intermédiaire, les signaux que nécessitent les différentes circonstances de l'exploitation.

Le langage des signaux des cloches n'est pas le même sur les différents réseaux français et c'est fort regrettable, car c'est là une question sur

laquelle il semble que l'entente eût pu être facile entre les compagnies; mais il en sera probablement des cloches électriques comme il en a été des signaux ordinaires : l'uniformité ne s'établira que lorsque l'État l'aura imposée.

Voici, à titre d'exemple, comment est réglé sur le réseau de l'État l'usage des cloches électriques sur les lignes à voie unique (Règlement approuvé par décisions ministérielles des 8 février 1890, 26 novembre 1892 et 8 avril 1903).

Les signaux envoyés au moyen des cloches servent à annoncer simultanément au personnel de deux stations consécutives et aux agents de la voie répartis entre ces deux stations :

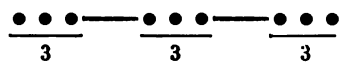
1° Le départ de chaque train, de chaque machine isolée ou le passage de wagons en dérive, en distinguant le sens pair du sens impair;

2° La nécessité d'arrêter immédiatement tous les trains;

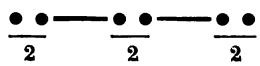
3° L'annulation d'un signal précédemment donné.

A cet effet, les signaux adoptés sont au nombre de quatre, savoir[1] :

Signal n° 1. — *Annonce du départ d'un train impair ou de wagons en dérive se dirigeant dans le sens impair.*



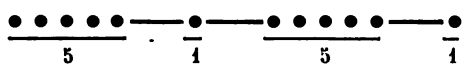
Signal n° 2. — *Annonce du départ d'un train pair ou de wagons en dérive se dirigeant dans le sens pair.*



Signal n° 3. — *Arrêt général de tous les trains ou machines.*

Au moins 35 coups.

Signal n° 4. — *Annulation des signaux précédents.*



L'intervalle entre deux coups de cloche consécutifs d'un même groupe doit être de *une à deux secondes;* deux groupes consécutifs doivent être séparés par un intervalle de *cinq à six secondes*. Enfin, on doit s'attacher à

[1] Pour représenter graphiquement les signaux, nous désignons les coups de cloche par des points et les intervalles séparant deux groupes consécutifs de coups de cloche par des traits.

mettre un intervalle suffisant entre deux signaux consécutifs ; cet intervalle ne doit pas être inférieur à *quinze secondes*.

Un tableau indiquant les différents signaux est affiché en permanence dans chaque gare et dans chaque maison de garde.

Les signaux n°s 1 et 2, indiquant le départ d'un train dans le sens impair ou dans le sens pair, doivent être faits par la gare avant que l'ordre du départ ne lui soit donné, s'il s'agit d'un train partant de la gare ; s'il s'agit d'un train qui doit franchir la gare sans s'y arrêter, ces signaux doivent être faits dès que le train annonce son approche au moyen du sifflet à vapeur.

Quand des wagons partent en dérive, le premier agent qui s'aperçoit de cet accident doit se transporter le plus rapidement possible à la cloche la plus rapprochée et envoyer les signaux n°s 1 ou 2, suivant le sens de la dérive. Dès que le personnel d'une gare reçoit ces signaux, à une heure qui n'est pas celle d'un train régulier et sans avoir été averti par le télégraphe du départ d'un train supplémentaire, facultatif ou spécial, il doit en conclure que des wagons en dérive marchent vers cette gare et prendre immédiatement les mesures les plus convenables suivant les circonstances. Ces mesures, prévues dans tous leurs détails par le règlement, consistent soit à sonner l'arrêt général (signal n° 3) si un train vient d'être expédié allant à la rencontre des wagons en dérive, soit, si aucun train de sens contraire ne s'oppose à la marche de ces wagons, à faire le nécessaire pour les recevoir sur une voie de service, en ayant soin de la recouvrir de terre ou de ballast sur une grande longueur pour diminuer leur vitesse, à faire descendre les voyageurs qui peuvent se trouver dans les voitures de la gare, s'il y a crainte de collision, à provoquer au besoin le déraillement des wagons en dérive avant qu'ils ne puissent atteindre ceux qui sont en stationnement sur les voies, en un mot, à prendre toutes les précautions voulues pour éviter les accidents de personnes et atténuer les conséquences de la dérive.

Le signal n° 3 (arrêt général), qui se compose d'une série continue d'*au moins* 35 *coups de cloche*, a pour but d'ordonner l'arrêt immédiat de tout train ou machine entre les deux stations.

Il doit être fait sans hésitation par tout agent des gares ou de la voie dans les circonstances suivantes :

1° Lorsqu'il s'aperçoit que deux trains, machines ou wagons en dérive marchent en sens contraire sur la même section, c'est-à-dire lorsqu'il entend consécutivement les signaux n°s 1 et 2 ;

2° Lorsqu'il constate sur la voie l'existence d'un danger pouvant occasionner une interruption prolongée de la circulation, ou lorsqu'il n'a ni le temps ni les moyens de couvrir le point dangereux à la distance réglementaire ;

3° Lorsqu'il remarque, au passage d'un train, une avarie grave à un véhicule, un commencement d'incendie ou une défectuosité dans le chargement d'un wagon pouvant amener un accident, et que le signal d'arrêt qu'il a dû faire immédiatement n'a pas été vu par le personnel du train et est resté, par suite, sans résultat.

Le signal n° 3 doit également être fait par les chefs de train en cas de déraillement, de rupture d'essieux ou de tout autre accident ayant encombré la voie.

Dès qu'ils entendent le signal n° 3, les agents des gares et des postes intermédiaires doivent immédiatement prendre toutes les mesures nécessaires pour arrêter la circulation des trains ou des machines, en mettant à l'arrêt les signaux fixes dont ils disposent. Les gardes-barrières doivent placer des pétards sur les rails, fermer à clefs leurs barrières et se porter aussi rapidement que possible dans la direction qui leur est indiquée par un tableau affiché dans leur maison, en présentant le drapeau rouge déployé ou leur lanterne rouge allumée, de manière à arrêter tout train qui se présenterait ; ils parcourent ainsi 1500 mètres en plaçant trois fois des pétards sur les rails, puis ils reviennent à leur point de départ. Les brigadiers ou poseurs de la voie doivent agir de la même manière.

Quant aux trains, voici les mesures à prendre en ce qui les concerne.

Dès qu'un train est arrêté en pleine voie, par suite du signal numéro 3, les agents de ce train doivent, sans aucun délai et sans aucune hésitation, prendre les mesures suivantes :

1° Le chef de train fait descendre les voyageurs le plus rapidement possible et les fait placer hors de la ligne ;

2° Le chauffeur dételle la machine ;

3° Le mécanicien la conduit, si aucun obstacle ne s'y oppose, à 200 mètres au moins en avant du train, puis il l'abandonne après avoir pris les précautions nécessaires pour l'empêcher de se mettre en marche toute seule et après avoir serré à fond le frein du tender ;

4° Le conducteur de queue va couvrir son train à l'arrière à la distance réglementaire.

Le chef de train doit ensuite visiter son train avec le plus grand soin et, après quinze minutes d'arrêt, s'il n'a rien constaté d'anormal et s'il ne voit aucun obstacle sur la voie, il fait atteler la machine et remonter les voyageurs ; puis il se met en marche à pied, en tenant à la main un drapeau rouge ou une lanterne à feu rouge, après avoir donné l'ordre au mécanicien de le suivre à une distance de 200 mètres.

A chaque nouveau signal d'arrêt que rencontre le chef de train dans sa marche, il s'assure, auprès du premier agent qu'il trouve, que le motif de ce nouveau signal est bien le même que celui qui a amené l'arrêt précédent.

Dans le cas de l'affirmative, il fait effacer momentanément ce signal pour laisser passer le train qui est derrière lui, et il continue ainsi, en enlevant les pétards qu'il peut trouver sur la voie, jusqu'à ce qu'il arrive à la gare suivante ou qu'il rencontre un obstacle sur sa route. Dans ce dernier cas, il prend, d'accord avec le chef de train rencontré ou avec les agents de la voie, les mesures utiles, en se conformant aux prescriptions réglementaires et en concertant, au moyen d'exprès, avec les chefs des gares voisines, les mouvements à effectuer.

Le signal n° 4 (annulation des signaux précédents) est composé de quatre groupes formés alternativement de cinq coups et d'un coup de cloche. Voici dans quelles circonstances il doit être employé.

Toutes les fois qu'un train, dont le départ a été annoncé par les signaux n° 1 ou n° 2, s'arrête avant d'avoir quitté la gare, et que, pour un motif quelconque, son départ est retardé et ne doit avoir lieu qu'après l'arrivée d'un train marchant en sens contraire, il faut en prévenir immédiatement le personnel de la ligne au moyen du signal n° 4.

Lorsque les signaux nos 1 ou 2 ont été sonnés pour annoncer des wagons en dérive, ces signaux ne peuvent être annulés que par le chef de la gare où ces wagons ont été garés.

Quand le signal d'arrêt général a été sonné après la transmission des signaux nos 1 et 2, c'est-à-dire parce que deux trains étaient lancés l'un contre l'autre, l'annulation ne peut en être faite que par le chef de la gare dans laquelle ces deux trains sont arrivés.

Lorsque le signal d'arrêt général n'a pas été précédé des sonneries nos 1 et 2, les chefs de gare doivent en conclure qu'il existe un danger sur la voie; dans ce cas, l'annulation de ce signal ne peut être faite que par un brigadier de la voie, après qu'il s'est assuré que celle-ci a été remise en bon état et que la circulation peut être reprise sans danger.

Dès qu'ils entendent le signal n° 4, annulant le signal d'arrêt général, les agents de la voie doivent s'empresser d'enlever les pétards qu'ils avaient placés et faire le signal de voie libre au premier train qui se présente.

D'après la nomenclature des signaux que nous avons donnée, on voit qu'un coup de cloche isolé ou deux coups ne constituent jamais un signal; les agents, lorsqu'ils les entendent, doivent donc prêter l'oreille pour s'assurer s'ils sont réellement isolés.

Un signal commencé ne doit jamais être interrompu par un autre signal. Tout agent qui commettrait une faute de ce genre rendrait les signaux incompréhensibles.

Quant l'agent qui a commencé à faire un signal s'aperçoit que sa cloche ne fonctionne pas bien, il n'en doit pas moins continuer le signal commencé,

un dérangement dans le mécanisme de son appareil pouvant être sans influence sur le fonctionnement des autres appareils de la section.

D'un autre côté, quand un agent qui reçoit un signal s'aperçoit que son appareil fonctionne mal, il doit redoubler d'attention et de prudence, et, s'il est possible, se renseigner auprès du poste voisin sur la signification du signal qu'il a reçu.

Block-system pour voie unique. — L'exploitation par le block-system est peu employée sur les lignes à voie unique, si ce n'est en Angleterre, où l'on a appliqué à peu près sans modification aux lignes à simple voie les appareils ordinaires de cantonnement des trains.

Il est bon de remarquer, d'ailleurs, que l'utilité de l'installation des appareils du block-system sur les lignes à voie unique est discutable; en effet dès que la circulation des trains sur une ligne de cette nature devient assez active pour qu'il soit nécessaire de l'exploiter par le système du cantonnement des trains, il est rare qu'on ne soit pas amené à munir cette ligne d'une seconde voie. Ce n'est donc que tout à fait exceptionnellement qu'on peut avoir à installer les appareils du block-system sur une ligne à voie unique. Quoi qu'il en soit, cette installation peut se faire et il en est fait mention dans le rapport de la commission d'enquête de 1879-1880.

D'après ce rapport, le block-system Lartigue, avec ses électro-sémaphores modifiés et complétés pour le service de la voie unique, était employé en Russie sur quelques tronçons, d'une longueur totale de 105 kilomètres, du chemin de fer de Saint-Pétersbourg à Varsovie. Il repose sur le même principe que le block des lignes à double voie ; seulement les enclenchements des bras sémaphoriques sont doublés et quelques dispositions additionnelles sont prises dans le but d'empêcher que la section puisse être ouverte à un bout sans qu'elle soit fermée par un signal claveté, à l'arrêt, à l'autre extrémité.

On trouvera, dans l'ouvrage déjà signalé de MM. Brame et Aguillon, la description complète des électro-sémaphores pour voix unique, ainsi que celle des indicateurs Regnault qui, perfectionnés et complétés par l'addition de serrures électriques normalement fermées par un aimant, peuvent être également employés à bloquer rigoureusement les sections[1].

Baton-pilote. — Dans la circulaire du 13 septembre 1880, que nous avons déjà citée, l'administration a signalé à l'attention des compagnies le système anglais du *bâton* et les a invitées à en faire l'essai sur les lignes d'une fréquentation modérée, où il ne paraissait pas nécessaire alors d'installer des

[1] Voir également une *Note sur une installation de block-system à voie unique*, par M. Cossmann. *Revue générale des Chemins de fer*, novembre 1891.

cloches électriques. La compagnie de l'Ouest a fait, dans les conditions suivantes, quelques applications du système du bâton.

Le bâton n'a été expérimenté que sur celles de ses lignes où les trains s'arrêtent à toutes les stations. Sur ces lignes, chaque section est munie d'un *bâton unique*, spécial à chacune d'elles, et aucun train, aucune machine ne doit, en principe, pénétrer dans la section s'il n'est muni du bâton ; les conditions de la circulation dans ce cas sont analogues à celles qu'on adopte dans le cas de *pilotage* des trains, dont nous parlons ultérieurement (Voir *Circulation temporaire à voie unique*), et le bâton n'est, en somme, qu'un objet matériel, dont la présence est destinée à remplacer celle d'un agent chargé des fonctions de pilote.

Sur les lignes anglaises, où ce système d'exploitation est employé dans toute sa rigueur, le principe en est appliqué d'une manière absolue et, d'après le règlement anglais, « après le départ du bâton, aucun train ou machine ne peut, *sous aucun prétexte*, partir dans la même direction jusqu'à ce que le bâton de la section soit de retour ». Pour assurer l'exécution de ce principe, le chef de gare ou son représentant est chargé de remettre entre les mains du mécanicien, en présence du conducteur chef de train, le bâton spécial à la section et ce n'est que muni de cet appareil que le mécanicien doit se mettre en marche.

Ce système, qui fait intervenir à la fois dans son application la responsabilité du chef de gare, celle du chef de train et celle du mécanicien, donne une sécurité *absolue ;* mais il est susceptible d'amener des retards énormes dans l'exploitation ; on comprend en effet que si un train pair, par exemple, se trouve en retard, le train impair qu'il devait croiser à une station sera obligé de l'attendre à cette station, sans qu'il soit possible de changer le croisement et que, si le retard du train pair est un peu considérable, il pourra en résulter une perturbation très grande dans la marche de tous les trains impairs qu'il devait croiser. C'est pour cette raison, croyons-nous, que le système du bâton, tel qu'il vient d'être défini, n'est pas employé en France.

La compagnie de l'Ouest, dans les applications qu'elle a faites du bâton-pilote, a admis certaines dérogations à la règle absolue des compagnies anglaises. En principe, un train ne peut quitter une station que lorsque le chef de gare a remis au mécanicien, en présence du conducteur de train, le bâton spécial à la section. Cette règle souffre trois exceptions, savoir :

1° Lorsque plusieurs trains se suivent dans le même sens sur une section, avant qu'il en survienne un de sens contraire ; dans ce cas, le bâton n'est remis qu'au dernier train ; les trains précédents reçoivent seulement l'ordre écrit de marcher jusqu'à la station suivante et constatent en passant la présence du bâton à la station précédente ;

2° Lorsque, par suite de retard d'un train pair, il est nécessaire de changer un croisement prévu ; il n'est plus possible alors de remettre le bâton au train impair qui continue sa marche, puisque cet appareil est resté à la station suivante ; dans ce cas, le chef de la première station mentionne ce fait sur l'ordre écrit qu'il remet au mécanicien du train impair pour lui prescrire de continuer sa marche ; de plus, le chef de la station suivante ne remet le bâton au train pair que lorsque le train impair est arrivé ;

3° Enfin, lorsqu'une machine isolée se présente à l'origine d'une section, alors que le bâton est à l'extrémité de ladite section ; dans ce cas, on agit comme dans le cas précédent, en autorisant par écrit le mécanicien à continuer sa marche et l'informant que le bâton est à la station suivante.

On voit qu'en définitive, dans ce système atténué, un train ne peut pénétrer dans une section que porteur du bâton-pilote ou d'un ordre écrit expliquant l'absence de ce bâton.

Bâton-pilote électrique. — Depuis un certain nombre d'années on a expérimenté, en Angleterre et en Russie, pour l'exploitation des lignes à voie unique, un système de bâton-pilote électrique (Webb-Thompson) étudié en vue de concilier la sécurité absolue que donne l'emploi du bâton-pilote ordinaire avec la rapidité de service que procure le système des communications télégraphiques.

A cet effet, les deux stations entre lesquelles doit circuler un train sont reliées électriquement de telle sorte qu'elles se contrôlent mutuellement et que l'expédition d'un train de l'une vers l'autre n'est possible qu'avec le consentement des deux stations.

Ce système a été employé sur le réseau de l'État, à la suite d'une décision ministérielle du 8 avril 1898, pendant une période de cinq années environ sur la section de Pont-du-Cher à Joué-lès-Tours. On se rendra compte des conditions de son fonctionnement par l'extrait qui suit de l'instruction qui avait été rédigée à cette occasion.

I. — Principe des appareils Webb-Thompson

Les appareils Webb-Thompson sont destinés à permettre l'application du système d'exploitation des lignes à voie unique au moyen du bâton-pilote, système dans lequel aucun train ou machine ne doit circuler sur une section déterminée sans être porteur du bâton-pilote spécial à cette section. Au lieu d'un bâton unique, les appareils Webb-Thompson en comportent plusieurs pour la même section ; mais ces appareils sont combinés de telle sorte qu'un seul de ces bâtons puisse être libéré, tous les autres restant alors emprisonnés.

Chaque appareil est formé d'une colonne en fonte dans laquelle sont empilés horizontalement un certain nombre de bâtons, et d'où ils ne peuvent être extraits qu'un à un lorsque les conditions exigées par la sécurité sont remplies et que les appareils de ver-

rouillage et de déverrouillage électriques placés à l'intérieur de la boîte ont été manœuvré convenablement.

Un appareil de ce genre est placé à l'entrée et à la sortie de chaque section ; la section de Pont-du-Cher à Joué-lès-Tours comporte donc deux appareils placés l'un à Pont-du-Cher, l'autre à Joué-lès-Tours. Une communication électrique reliant les deux appareils et pouvant actionner une sonnerie dans chacun d'eux, permet d'échanger entre les deux postes extrêmes, au moyen de signaux convenus, les appels et demandes concernant la circulation des trains.

Une communication téléphonique est en outre établie entre les deux postes et permet, en cas de besoin, l'échange de renseignements plus détaillés sur les circonstances de service intéressant la sécurité.

Le nombre total des bâtons affectés à l'ensemble des deux appareils est de 40.

Ces appareils sont construits de façon à répondre aux conditions suivantes :

1° Lorsque les deux appareils conjugués contiennent à eux deux la totalité des 40 bâtons affectés à la section, il est possible d'extraire un bâton de l'un ou de l'autre des deux appareils, mais non des deux à la fois.

2° Pour pouvoir extraire ce bâton et le remettre au train à expédier, il faut que l'appareil du poste expéditeur ait été déclenché par l'envoi d'un courant électrique provenant du poste opposé, sans quoi, le bâton reste emprisonné dans la boîte du poste expéditeur.

Si donc, par exemple, l'appareil de Pont-du-Cher comprend 7 bâtons, il faut que celui de Joué-lès-Tours en contienne 33 pour que l'on puisse, soit à Pont-du-Cher, soit à Joué-lès-Tours, en retirer un. Mais, même si cette condition est remplie, il faut que le déclenchement électrique ait été envoyé par le poste de sortie du train pour que le poste d'entrée puisse libérer un bâton de son appareil.

De plus, dès qu'un bâton est sorti d'un des appareils, aucun autre bâton ne peut être libéré, tant que le premier n'a pas été replacé, soit dans l'appareil d'où il avait été extrait, soit dans l'appareil du poste opposé, de façon qu'avant toute extraction, le total des bâtons présents dans les deux appareils conjugués soit toujours nécessairement égal à 40.

En résumé, il ne peut y avoir qu'un seul bâton hors des appareils conjugués ; et, si on interdit à tout train ou machine de s'engager sans bâton sur la section, il ne pourra jamais y avoir plus d'un train entre Pont-du-Cher et Joué-lès-Tours, ce qui donne une sécurité absolue pour la circulation sur cette section de voie unique.

II. — SIGNAUX CONVENTIONNELS PAR SONNERIE ÉLECTRIQUE

SIGNAUX ENVOYÉS PAR LE POSTE QUI A UN TRAIN A EXPÉDIER	SIGNAUX ENVOYÉS AU POSTE EXPÉDITEUR PAR LE POSTE DESTINATAIRE DU TRAIN, EN RÉPONSE AUX SIGNAUX CI-CONTRE
1. — Attention. (*un coup de sonnerie*). . . . . ●	2. — J'y suis. (*un coup de sonnerie*) . . . . . ●
3. — Je demande le bâton pour expédier un train (*deux coups de sonnerie*). . . ●●	4. — Je refuse le bâton. (*quatre coups de sonnerie*) . . . . ●●●●
	ou 4 *bis*. — J'accorde le bâton. (*deux coups de sonnerie*) . . . . . ●●
	En terminant l'envoi du signal 4 *bis*, et au moment du dernier coup de sonnerie, appuyer sur la clef jusqu'à ce que l'aiguille du galvanomètre redevienne verticale, ce qui indique que le poste expéditeur a retiré le bâton accordé ;

SIGNAUX ENVOYÉS PAR LE POSTE QUI A UN TRAIN A EXPÉDIER	SIGNAUX ENVOYÉS AU POSTE EXPÉDITEUR PAR LE POSTE DESTINATAIRE DU TRAIN, EN RÉPONSE AUX SIGNAUX CI-CONTRE
Après avoir reçu la sonnerie du poste appelé qui autorise à prendre le bâton, le retirer de l'appareil, et pour cela tourner de droite à gauche jusqu'au refus le bouton placé à droite de l'appareil, soulever le bâton et le sortir. En cas de non-réussite, recommencer la manœuvre, car le bâton soulevé fait revenir automatiquement le bouton à sa position première, placer ensuite l'indicateur de gauche sur « *bâton d'aller sorti* » ou « *bâton de retour sorti* », suivant le sens de circulation du train à expédier et agir sur le bouton jusqu'à refus, pendant quelques secondes, pour ramener l'aiguille du galvanomètre des deux postes à la position verticale, ce qui annonce au poste appelé que le bâton est sorti de l'appareil par le poste expéditeur; laisser ensuite l'indicateur sur « *bâton d'aller sorti* » ou « *bâton de retour sorti* », pour rappeler qu'un bâton est en circulation et qu'il ne faut pas chercher à en libérer d'autre.	Placer ensuite l'aiguille de l'indicateur de gauche sur « *bâton d'aller sorti* » ou « *bâton de retour sorti* », suivant le sens du train attendu du poste expéditeur, de façon à faire rappeler optiquement par l'appareil qu'un bâton est en circulation et qu'il ne faut pas chercher à en libérer d'autre.
Envoyer ensuite le signal. 5. — Le train part. (*deux groupes de deux coups*) . . ●● ●●	6. — Compris. (*deux groupes de deux coups*) . . ●● ●● A la réception du train par le poste destinataire, s'assurer que ce train est complet, puis après avoir communiqué avec le chef de ce train, replacer dans l'appareil le bâton restitué par le mécanicien; ramener l'indicateur de gauche sur « *bâton rentré* » et envoyer le signal. 7. — Train arrivé. (*cinq coups de sonnerie*) . . . . ●●●●●
8. — Accuser réception de train arrivé par *cinq coups de sonnerie* . . . ●●●●● et remettre l'indicateur de gauche sur « *bâton rentré* ».	
L'appel au téléphone se fait au moyen de sept coups de sonnerie ainsi groupés : ●●● ● ●●●	

Une consigne avait en outre été rédigée pour prévoir tous les détails d'exécution du service; de plus, comme certains trains circulant sur la section ne s'arrêtaient pas normalement à Joué-lès-Tours, il avait été prescrit aux mécaniciens de ces trains de ralentir suffisamment pour pouvoir prendre au passage, sur un poteau placé à l'entrée de la station, le bâton que le chef de station y avait placé avant d'ouvrir son signal avancé.

Pour faciliter la prise du bâton en marche, il y était adapté un anneau dans lequel il suffisait de passer le bras pour le détacher. Au cas où le mécanicien manquait le bâton, il devait alors s'arrêter pour permettre au chauffeur d'aller le prendre.

L'expérience faite sur le réseau de l'État a montré que cet appareil fonctionne très régulièrement, qu'il est de construction robuste et peu sujet à dérangement. Au point de vue de la sécurité, il donne entière satisfaction puisqu'il empêche absolument d'engager sur la même voie deux trains de sens contraire. Par contre, il a été constaté que la prise du bâton en marche, même avec un ralentissement à 15 ou 20 kilomètres, donnait quelquefois lieu à des ratés, de sorte que le train était obligé de s'arrêter, d'où certains retards qu'il serait préférable d'éviter. En somme, l'appareil paraît convenir très bien pour des lignes à faible trafic et ne comportant pas de trains directs. En raison de l'importance croissante de la circulation sur la section considérée, le réseau de l'État a été amené à supprimer l'emploi du bâton-pilote électrique sur cette section, par suite des retards occasionnés par le ralentissement très notable qu'il fallait imposer aux trains sans arrêt pour permettre de prendre le bâton au passage à Joué-lès-Tours.

§ 3. — CIRCULATION TEMPORAIRE A VOIE UNIQUE SUR LES LIGNES A DOUBLE VOIE

Il peut être nécessaire sur une ligne à deux voies, lorsque l'une d'elles est momentanément interceptée par suite d'accident, de réparation ou pour toute autre cause, d'organiser temporairement la circulation des trains sur la voie restée libre; ce régime de circulation a ses règles spéciales qui diffèrent de celles de la circulation normale à voie unique.

Le moyen employé pour organiser, sans retard et sans danger, le passage des trains consiste dans l'établissement d'un *pilotage :* un agent est désigné comme *pilote* et chargé d'accompagner tous les trains, et les gardes placés aux aiguilles, qu'on établit aux deux extrémités de la voie unique temporaire, reçoivent l'ordre de ne laisser passer aucun train s'il n'est accompagné du pilote. Il est clair dès lors que, le pilote ne pouvant se trouver sur deux trains à la fois, toute rencontre de train est impossible. Rien n'est plus simple et plus sûr que ce procédé, qui est identique au système rigoureux du bâton et c'est ainsi que l'on a opéré tout d'abord.

Mais il faut remarquer que la pratique de ce régime d'exploitation donne lieu, dans certains cas, à des sujétions fort gênantes pour la circulation. Sur les lignes où plusieurs trains se succèdent dans le même sens avant qu'il en passe un de sens contraire, il faut que le pilote fasse passer le premier train, et qu'il revienne ensuite à pied chercher le second, puis le troi-

sième. Si la section à voie unique est un peu longue, il peut en résulter des retards considérables dans l'expédition des trains successifs.

On a donc imaginé une autre combinaison, beaucoup plus commode et aussi sûre. Au lieu d'exiger la présence du pilote sur le train, on l'exige à l'aiguille; chaque aiguilleur reçoit la consigne de ne laisser pénétrer aucun train sur la voie unique sans la présence du pilote à l'aiguille et sans son ordre. De cette manière, toute rencontre de train est également impossible puisque le pilote ne peut être à la fois à l'aiguille d'entrée et à l'aiguille de sortie, et le service se trouve singulièrement facilité. Si trois trains de même sens doivent passer avant qu'il en arrive un de sens contraire, le pilote, présent à l'aiguille, donne l'ordre de faire passer le premier, puis le deuxième puis il part lui-même avec le troisième, en montant sur la machine, et il se transporte ainsi à l'autre aiguille, pour faire passer les trains de sens contraire.

Ce second système est également très simple et très sûr et il est beaucoup plus commode que le précédent; c'est celui qu'on applique toujours. Le pilote règle l'ordre de passage des trains sur la voie unique temporaire, de manière à atténuer autant que possible les retards. Il doit s'attacher surtout à assurer la régularité de la marche des trains de voyageurs et, en première ligne, des trains express. Lorsque la tête du pilotage se trouve dans une gare, il se concerte à cet effet avec le chef de gare.

Quand la circulation peut être reprise sur la voie interceptée, c'est le pilote seul qui a qualité pour rétablir le service normal; à cet effet, il relève les aiguilleurs de leur consigne, soit verbalement en leur retirant l'ordre écrit qui leur avait été donné, soit en leur passant une dépêche télégraphique.

Lorsqu'un obstacle quelconque intercepte à la fois les deux voies et que cette interruption doit se prolonger assez longtemps pour qu'il y ait lieu d'établir un transbordement des voyageurs d'un côté à l'autre de l'obstacle, on organise dans chaque direction un service de pilotage entre l'obstacle et la gare la plus voisine. Dans ce cas, les deux services de pilotage doivent être indépendants l'un de l'autre, c'est-à-dire que chacun d'eux doit être desservi par un pilote spécial. D'ailleurs, si l'une des deux voies peut être rendue à la circulation avant l'autre, comme c'est le cas le plus habituel, le double pilotage est immédiatement remplacé par un pilotage simple, établi dans les conditions ordinaires.

Les règlements d'exploitation fixent, dans tous leurs détails, les mesures qui doivent être prises pour l'organisation et la suppression du pilotage dans les cas qui viennent d'être indiqués.

§ 4. — LA CIRCULATION DES TRAINS AUX ÉTATS-UNIS. — EMPLOI DU TÉLÉPHONE

Le service du mouvement des trains aux États-Unis est organisé d'après un système qui diffère totalement de celui qui est en usage sur tous les chemins de fer du continent européen ; ce système, qui présente des particularités curieuses, a fait l'objet d'une note que M. Rœderer, alors sous-chef de l'exploitation du réseau P.-L.-M., a publiée dans la *Revue générale* de mars 1887.

En Europe, la responsabilité du service du mouvement est partagée par un grand nombre d'agents, chargés d'appliquer, chacun en ce qui le concerne, les prescriptions d'un règlement qui a prévu tous les cas, et dont dépend, d'une manière à peu près exclusive, la sécurité de l'exploitation. Aux États-Unis, au contraire, la responsabilité du mouvement des trains est confiée, dans chaque section, à un agent unique, appelé le *trains-despatscher*, qui est exclusivement chargé d'assurer la circulation, quelles que soient les circonstances qui se présentent.

Cet agent, appartenant à un corps spécial, bien payé (il a de 5 à 10 000 francs d'appointements annuels), sévèrement recruté, est renseigné par le télégraphe sur la situation de chacun des trains qui parcourent sa section ; il est seul chargé de leur donner des ordres, soit au départ, soit en marche par l'intermédiaire des gares qu'ils traversent et c'est sur lui seul que repose la responsabilité du service. C'est lui qui lance tous les trains, en leur donnant leur vitesse et leur marche ; c'est lui qui les arrête, les fait croiser, les gare, modifie leur itinéraire, lance les trains spéciaux, change les croisements, envoie la machine de secours, etc., tout cela, sans bouger de son bureau.

Ce bureau est placé dans la gare la plus importante de la section. Le despatcher y a généralement un service de huit heures, pendant lequel il lui est défendu de fumer, de boire, de lire un journal, de recevoir une visite. Un employé du télégraphe lui est adjoint. La longueur de chaque section varie entre 100 et 200 kilomètres et comprend de 15 à 30 gares.

Quant aux chefs de gare, ils sont dessaisis de toute intervention dans le mouvement des trains. Dans les gares intermédiaires, où le trafic est faible, leur rôle essentiel consiste à échanger des dépêches avec le despatcher ; dans les gares importantes un agent spécial est chargé de ce service.

On conçoit, en effet, que dans ce système d'exploitation le nombre des dépêches à échanger est extrêmement considérable ; il serait même impossible à réaliser, si, comme sur les réseaux français, chaque gare où le fil est interrompu avait à recevoir et à transmettre les dépêches. Aux États-Unis, les appareils télégraphiques sont organisés de telle sorte, que toutes les gares

de la section reçoivent en même temps toutes les dépêches qui circulent sur le fil spécialement affecté au mouvement des trains; mais, elles ne lisent et ne transcrivent une dépêche que lorsqu'elle leur est envoyée par le despatcher et qu'elle les concerne. Afin qu'elles soient prévenues, le despatcher, avant de télégraphier un ordre à une gare, appelle le nom de cette gare; celle-ci annonce qu'elle a compris l'appel en renvoyant ce nom, après quoi la dépêche est lancée.

D'ailleurs, quand le fil spécial se trouve dérangé, on utilise pour la transmission des dépêches ceux des nombreuses compagnies de télégraphe qui empruntent, en général, les voies des chemins de fer, et qui se sont engagées par leur contrat à permettre cette utilisation, en cas de besoin urgent.

L'organisation du mouvement des trains est complétée par le *droit à la voie*, institution qui a été conservée de la réglementation antérieure à l'adoption du système actuel et qui peut être définie comme « *la formule du respect que les trains de classe inférieure doivent avoir pour les trains de classe supérieure* ».

Aux États-Unis, en effet, les trains se distinguent en deux grandes catégories : ceux qui ont une marche tracée et ceux qui n'en ont pas. La première catégorie comprend tous les trains de voyageurs et certains trains de marchandises desservant les stations intermédiaires ; la seconde renferme tous les autres trains de marchandises. Ces derniers partent à n'importe quelle heure, comme le décide le despatcher.

Or, les trains de la première catégorie sont considérés comme étant de classe supérieure; les autres sont de classe inférieure. Entre deux trains de classe supérieure, les express ont le pas sur les omnibus. Sur les lignes à voie unique, quand deux trains de sens opposé sont de même catégorie, celui qui marche vers l'Est a droit à la voie contre celui qui marche vers l'Ouest. En vertu du droit à la voie, les trains de classe inférieure doivent se garer, même en l'absence d'ordres du despatcher, pour laisser passer les trains de classe supérieure. C'est une dérogation au système de la responsabilité unique du despatcher, dans le but de parer à un oubli possible de sa part.

Telle est, dans ses traits les plus généraux, l'organisation du service du mouvement aux États-Unis.

On voit qu'elle répond à une conception tout à fait différente de celle qui est admise en France et sur les chemins de fer du continent européen.

Nous ajouterons que, depuis quelques années, on a commencé à employer le téléphone, au lieu du télégraphe, pour la transmission des ordres et l'échange des communications entre le trains-despatcher et les gares ou les trains. (Voir à ce sujet, le *Bulletin du Congrès international des chemins de fer*, octobre 1902.)

Disons, à ce propos, que l'emploi du téléphone dans l'exploitation des chemins de fer n'est pas limité à ce seul exemple. Depuis un certain nombre d'années et dans divers pays, ce mode de communication est adopté sur beaucoup de réseaux pour l'échange des dépêches intéressant la circulation des trains et, bien que l'opinion des administrations de chemins de fer ne soit pas unanime sur cette question, on peut dire que le téléphone rend d'incontestables services à ce point de vue.

La question de l'emploi du téléphone dans l'exploitation des chemins de fer a fait l'objet d'une étude approfondie au congrès international des chemins de fer (Paris 1900). On trouvera les rapports établis à ce sujet dans le numéro de mai 1900. Les conclusions suivantes ont été adoptées sur cette question :

« Moyennant des précautions très simples dans la transmission et l'enregistrement des dépêches, le téléphone donne une sécurité comparable à celle du télégraphe, dans l'échange des communications spéciales à l'exploitation des chemins de fer, c'est-à-dire des communications intéressant la circulation des trains.

« Ses avantages ou ses infériorités sur le télégraphe, au point du vue de la commodité et de l'économie, dépendent des conditions spéciales non seulement à chaque administration, mais même à chaque ligne, car elles dépendent non seulement de l'activité du trafic, mais des communications télégraphiques, des transmissions de lumière et de force préexistantes, etc. »

CHAPITRE III

VITESSE DES TRAINS. — MANUTENTION ET TRANSPORT DES MARCHANDISES. RÉPARTITION DU MATÉRIEL. — ACCIDENTS. — DALTONISME.

§ 1er. — Vitesse des trains. — Vitesse de marche, vitesse commerciale. — Vitesse maxima. — Vitesse des trains en France, en Angleterre, en Amérique.

§ 2. — Manutention et transport des marchandises. — Répartition du matériel roulant. — Echange du matériel.

§ 3. — Accidents. — Mesures prises en vue de les éviter. — Assurances contre les accidents. — Daltonisme. — Résultats des expériences faites à ce sujet.

§ 1er. — VITESSE DES TRAINS

Les trains de voyageurs qui circulent sur les réseaux français peuvent se diviser ainsi qu'il suit, au point de vue de leur vitesse de marche, c'est-à-dire de leur vitesse effective, déduction faite des arrêts aux stations :

Les trains *rapides*, *express* et *postes*, qui sont réglés à des vitesses de 60 à 95 kilomètres à l'heure ;

Les trains *directs*, marchant à 50, 55 ou 65 kilomètres ;

Les trains *omnibus*, dont la vitesse est de 45 à 60 kilomètres ;

Les trains *mixtes*, réglés à 35 ou 45 kilomètres.

Quant à la vitesse des trains de marchandises, elle est en moyenne de 25 à 30 kilomètres à l'heure.

Cette vitesse, qui est celle des trains pendant leur marche, ne doit pas être confondue avec leur *vitesse commerciale*, c'est-à-dire avec celle qu'on obtient en divisant l'intervalle compris entre le point de départ et le point d'arrivée par le temps que met réellement le train à le parcourir. A cause des arrêts et des ralentissements obligés, cette vitesse est inférieure à la précédente de 10 à 12 p. 100 pour les express et de 15 à 20 p. 100 pour les trains omnibus.

La statistique du ministère des Travaux publics pour 1904 donne les

chiffres suivants pour la vitesse en kilomètres à l'heure des trains des grands réseaux d'intérêt général, temps d'arrêt compris.

Express et rapides	34 à 95 km.
Directs	33 à 65 —
Omnibus	16 à 60 —
Légers	13 à 63 —
Mixtes	9 à 55 —
Marchandises	6 à 64 —

Ces chiffres représentent les limites extrêmes entre lesquelles variaient, à l'époque considérée, les vitesses des trains dont il s'agit. C'est sur le réseau de P.-L.-M. qu'on trouve des trains mixtes et des trains de marchandises dont la vitesse commerciale descend respectivement à 9 et 6 kilomètres à l'heure.

D'après le rapport de la commission d'enquête de 1879-1880, voici de quelle manière les vitesses de marche des trains étaient à cette époque réglées sur les différents réseaux, suivant les déclivités, le rayon des courbes et l'état de la voie.

Sur le réseau de l'*Est*, l'échelle des *limites absolues* de vitesses était fixée de la manière suivante :

Pour les *trains de voyageurs*, la *vitesse maxima*, fixée à 90 kilomètres sur des pentes de 0 à 4 millimètres, devait être réduite à :

80	kilomètres sur les pentes de		5 à 7	millimètres ;
70	—	—	7 à 10	—
60	—	—	11 à 15	—
50	—	—	16 à 18	—
40	—	—	20 à 25	—

Pour les *trains mixtes*, la *vitesse maxima*, fixée à 60 kilomètres, devait être respectivement réduite, sur les mêmes pentes, à 55, 50, 45, 40 et 30 kilomètres.

Pour les *trains de marchandises*, la *vitesse maxima*, fixée à 50 kilomètres, devait être ramenée, par des réductions correspondantes, à 45, 40, 35, 30 et 25 kilomètres.

Cette échelle des vitesses était aussi, très approximativement, celle en usage sur le réseau du Midi.

Sur le réseau d'*Orléans*, les trains rapides étaient réglés à 75 kilomètres ; les express, à 65 kilomètres ; les trains omnibus et omnibus mixtes, à 50 et 55 kilomètres; les trains de marchandises, à 25 ou 30 kilomètres.

Sur les lignes du plateau central, où les déclivités atteignent 30 millimètres et où les courbes sont nombreuses et de faible rayon, les trains les plus rapides étaient réglés, comme marche normale, à 45 kilomètres à l'heure avec maximum de 28 kilomètres à la descente des fortes rampes.

L'échelle était à peu près la même sur le réseau de *Lyon*. Le train rapide de Paris à Marseille, un peu moins rapide que celui de Paris à Bordeaux, avait une vitesse moyenne de marche de 72 kilomètres, atteignant en certains points 96 kilomètres à l'heure.

Sur le réseau de l'*Ouest*, les vitesses réglementaires variaient suivant les sections, de 80 à 40 kilomètres pour les trains de voyageurs et de 38 à 20 kilomètres pour les trains de marchandises.

Sur le réseau du *Nord*, dont les lignes ne présentent qu'exceptionnellement des déclivités supérieures à 5 millimètres et des courbes d'un rayon inférieur à 500 mètres, le maximum écrit, fixé par un arrêté ministériel du 30 juillet 1853, est de 120 kilomètres; mais dans le service de 1880, la vitesse de pleine marche des trains express variait de 60 à 72 kilomètres à l'heure; celle des trains ordinaires de grandes lignes, de 45 à 60 kilomètres; celle des trains de marchandises, de 24 à 30 kilomètres.

On se rendra compte des progrès réalisés depuis cette époque, en ce qui concerne les trains de voyageurs, par l'examen des chiffres ci-dessous, qui donnent, pour chaque réseau, les renseignements relatifs aux trains les plus rapides qui y circulent actuellement :

		VITESSE commerciale.	VITESSE maxima autorisée.
Nord . . .	Paris-Jeumont (238 km.)	92 km.	120 km.
	Paris-Feignies (230 km.)	91 —	
	Paris-Boulogne (254 km.)	90 —	
	Paris-Calais (298 km.)	89,4 —	
Orléans. .	Paris-Bordeaux-Sud-Express (582 km.) . .	87 km.	120 —
	Paris-Nantes (425 km.)	80 —	
P.-L.-M. .	Paris-Nice-Côte d'Azur rapide (1 087 km.) .	79 km.	120 —
	Paris-Marseille (862 km.)	70,5 —	
Est. . . .	Paris-Belfort (443 km.)	82 km.	120 —
Midi . . .	Bordeaux-Hendaye-Sud-Express (233 km.) .	69,5 km.	120 —
Ouest. . .	Paris au Havre (228 km.)	82,9 km.	120 —
État . . .	Paris-Thouars (326 km.)	81,8 km.	110 —
	Nantes-Bordeaux (379 km.)	68 —	90 —

Ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer, il est prescrit aux mécaniciens de ralentir avant d'arriver aux bifurcations et aux aiguilles prises en pointe sur les lignes à double voie, toutes les fois que ces aiguilles ne sont pas munies d'un dispositif spécial permettant le passage en vitesse. Ils doivent en outre s'arrêter complètement avant d'aborder les aiguilles d'entrée des stations de croisement sur les lignes à voie unique.

En cas de retard, il est nécessaire que la vitesse puisse être augmentée dans de larges limites, afin de faire cesser le plus promptement possible des

irrégularités de service qui pourraient compromettre la sécurité; à cet effet, les règlements de la plupart des réseaux autorisent les mécaniciens à dépasser de *moitié* la vitesse normale indiquée aux tableaux de marche pour chaque section de ligne, sans toutefois aller au delà des limites fixées, comme il a été dit plus haut, d'après l'état de la voie et suivant le type de machine remorquant le train.

Les vitesses normales de marche sont donc souvent dépassées par les trains en retard et il n'est pas rare de voir un express lancé à une vitesse de 110 ou 120 kilomètres à l'heure sur une pente et dans une section où une grande longueur peut être franchie sans arrêt.

Voici, à ce point de vue, les plus longues étapes des chemins de fer français :

Ouest. — Paris à Rouen	140 km.
Orléans. — Angoulême à Bordeaux (Sud express)	139 —
Midi. — Bordeaux à Dax (Sud express)	148 —
P.-L.-M. — Laroche à Dijon	160 —
Nord. — Paris à Calais	298 —
Est. — Paris à Chaumont	262 —
État. — Chartres à Thouars	238 —

La mise en marche de trains express ayant à franchir sans arrêt des étapes aussi importantes, exige l'emploi de tenders d'une capacité très grande et d'un poids très lourd, ou, comme sur le réseau de l'État, l'adoption du tender Ramsbottom pour l'alimentation en marche.

En Angleterre, où l'emploi de ce même système permet depuis longtemps de franchir sans arrêt des distances très considérables, la vitesse de marche des trains atteignait et dépassait souvent 80 kilomètres à l'heure bien avant qu'on eût réalisé ces vitesses en France; la vitesse commerciale variait dans ces conditions entre 60 et 70 kilomètres.

On s'est beaucoup occupé, dans la presse anglaise et étrangère du service accéléré des trains express de Londres à Edimbourg, pendant le mois d'août 1888. Des vitesses considérables ont été, en effet, atteintes à cette époque sur deux des trois lignes qui font le service entre ces deux villes, la ligne de la côte orientale et celle de la côte occidentale.

Une véritable lutte de vitesse avait été organisée sur ces deux lignes et on est arrivé finalement à y adopter une marche en huit heures entre Londres et Edimbourg; la distance est de 632 kilomètres par une voie et de 645,5 km. par l'autre.

La marche du plus rapide des trains de la ligne orientale a eu lieu le 31 août 1888. Le train, parti de Londres (King's Cross) à dix heures du matin, est arrivé à Edimbourg à 5 h. 27 minutes du soir, en avance de

33 minutes sur son heure réglementaire ; ses étapes ont été les suivantes :

De King's Cross à Grantham	160,4 km.	parcourus en	1 h. 50′
De Grantham à York	133,1 —	—	1 h. 33′
De York à Newcastle	130,5 —	—	1 h. 23′
De Newcastle à Edimbourg	199 —	—	2 h. 10′

La vitesse commerciale, en tenant compte des arrêts qui ont duré 39 minutes, a été de 85 kilomètres à l'heure, et la vitesse moyenne de marche de 93 kilomètres.

Sur la ligne orientale, le train parti le 6 août 1888 de Londres (Euston) à 10 heures du matin, est arrivé à Edimbourg à 5 h. 52 minutes du soir, avec 8 minutes d'avance sur son heure officielle. Voici le tableau de ses étapes :

De Euston à Crewe	255 km.	parcourus en	2 h. 56′
De Crewe à Preston	81,5 —	—	51′
De Preston à Carlisle	145 —	—	1 h. 38′
De Carlisle à Edimbourg	164 —	—	1 h. 45′

La vitesse commerciale a été de 81,5 km. à l'heure et la vitesse moyenne de marche de plus de 88 kilomètres.

La charge de ces trains, non compris la machine et le tender, était de 110 tonnes sur la route orientale et de 85 tonnes sur la route occidentale, plus longue et d'un profil plus difficile. La première de ces lignes comporte de longues rampes de 5 millimètres, une rampe de 9 millimètres et une de 13 millimètres ; la seconde, beaucoup plus accidentée, présente, entre Carlisle et Edimbourg, 15 kilomètres de rampes de 11 à 13 millimètres.

Des vitesses moyennes de 88 kilomètres sur de pareils profils sont fort remarquables ; elles sont obtenues grâce à une accélération considérable sur les rampes inférieures à 5 ou 6 millimètres (115 à 120 kilomètres à l'heure) ; sur les rampes les plus fortes, la vitesse ne dépasse pas 50 kilomètres. Il faut en outre, pour conduire des trains avec sécurité à de pareilles vitesses, une voie parfaitement construite, très bien entretenue et un matériel excellent [1].

Il faut ajouter que la vitesse a été réduite sur les lignes dont il s'agit, dès que la concurrence a cessé, et qu'elle est aujourd'hui comparable aux vitesses actuellement réalisées en France sur les lignes analogues.

En Amérique, contrairement à une opinion assez répandue, la vitesse des trains n'a pas toujours été très élevée. L'un des trains les plus rapides des États-Unis était, il y a une quinzaine d'années, celui qui allait de Baltimore à Washington en 45 minutes ; la distance étant de 73 kilomètres, cette marche correspond à une vitesse d'un peu plus de 85 kilomètres à l'heure ;

[1] Note de M. E. Sauvage, ingénieur des mines. *Revue générale des Chemins de fer*, janvier 1889.

il était d'ailleurs très rare que ce train accomplît son trajet dans le délai réglementaire. Les autres trains rapides ne dépassaient pas 80 kilomètres à l'heure ; quelques-uns cependant s'en approchaient d'assez près. Ainsi de New-York à Philadelphie, où il existait deux lignes rivales, la vitesse de marche était de 74 kilomètres à l'heure sur l'une et de 77 kilomètres sur l'autre.

En somme, très peu de trains dépassaient 65 kilomètres à l'heure ; ils ne gardaient même pas pendant longtemps une vitesse de 50 kilomètres. Il y avait d'ailleurs des trains qualifiés *express*, qui allaient fort lentement ; on en citait un dans la Caroline du Nord, qui mettait neuf heures à parcourir 161 kilomètres, soit une vitesse commerciale de moins de 18 kilomètres à l'heure.

La *Railroad Gazette* du 24 août 1888 a donné un relevé assez complet[1] de la vitesse commerciale moyenne des trains de voyageurs qui reliaient à cette époque les principales villes des États-Unis, ainsi que la vitesse commerciale des plus rapides de ces trains.

D'après ce tableau, les lignes les mieux desservies sous le rapport de la vitesse étaient celles de New-York à Philadelphie et à Washington, où la vitesse commerciale variait de 65 à 70 kilomètres à l'heure. Les trains les plus rapides sont indiqués ci-dessous ; ce sont ceux dont le point de départ est à New-York.

POINTS EXTRÊMES	LIGNE	DISTANCE	TEMPS	VITESSE commerciale en km. à l'heure.
		km.	h. m.	km.
New-York—Philadelphie.	Philadelphie et Reading . . .	144,7	2,9	67,2
	Pennsylvania	145,5	2,5	69,8
— Washington.	—	361,6	5,32	65,3
— Philadelphie.	—	710,4	11,30	61,8
	—	1 463,2	25,0	58,4
— Chicago. . .	New-York central et Lake-Shore.	1 572,8	25,0	62,6
	New-York central et Michigan central..	1 559,2	28,30	54,8
— Buffalo . . .	New-York central..	705,6	10,45	65,6
	Erié	676,8	13,0	52
	Lackawanna	654,4	12,40	51,7
— Boston . . .	Boston et Albany	374,4	6,0	62,4
	New-York et New-England . .	340,8	6,0	56,8
	Shore-Line	366,4	6,0	61,1

La situation s'est d'ailleurs modifiée depuis cette époque, en Amérique comme en France, et la vitesse des trains y a notablement augmenté.

D'après M. Marcel Japiot (Les chemins de fer Américains. *Annales des*

[1] Reproduit par la *Revue générale des Chemins de fer*, octobre 1888.

Mines, 1906 et 1907) les trains les plus rapides sont actuellement ceux qui circulent entre Atlantic City et Camden, station située sur le Delaware, en face de Philadelphie. Deux lignes relient ces deux stations, la première de 93,8 km. de longueur, exploitée par le *Pensylvania R.R*, la seconde de 89,3 km. de longueur, par le *Philadelphia and Reading* R^y.

Sur la première ligne circulent des trains de 200 à 400 tonnes qui effectuent couramment le trajet en 52 minutes, soit à la vitesse de 108,2 km. à l'heure.

Sur la seconde, les trains les plus rapides, pesant 350 à 400 tonnes, effectuent le parcours en 50 minutes, soit à la vitesse de 107,2 km. à l'heure. Il y a en outre 15 trains qui ont une vitesse égale ou supérieure à 85 kilomètres à l'heure.

Quant aux trains américains de grand parcours, trois seulement ont une vitesse supérieure à 80 kilomètres. Ce sont, d'abord les trains des deux lignes concurrentes de New-York à Chicago qui franchissent, avec des vitesses commerciales respectives de 86,3 km. et de 80,9 km. à l'heure, les distances de 1553 et de 1456 kilomètres qui, sur les deux lignes dont il s'agit, séparent les deux villes. Ces deux trains paraissent actuellement détenir le record des express *à grand parcours* du monde entier. C'est ensuite le train de New-York à Buffalo, qui fait 708 kilomètres en 8,15 h., soit à la vitesse commerciale de 86 kilomètres à l'heure.

Aux États-Unis, de même qu'en Angleterre et en France, les longs parcours sans arrêts ne sont par rares ; celui de New-York à Albany, qui comporte 230 kilomètres, se fait sans arrêt en deux heures quarante minutes.

En Allemagne, la vitesse des trains a été pendant fort longtemps plus faible qu'en France, mais l'écart qui existait autrefois entre les vitesses des trains express des deux pays a aujourd'hui beaucoup diminué. En Allemagne la plus grande vitesse réalisée paraît être celle du train express n° 6 de Berlin à Halle (161,7 km.), qui parcourt cette distance à une vitesse commerciale de 86,2 km. à l'heure[1].

Nous ne citerons que pour mémoire les essais des trains électriques qui ont eu lieu en septembre et novembre 1901, 1902, 1903 sur la ligne de Marienfeld-Zossen qui a 23 kilomètres de longueur et ne comporte que peu de rampes. Il s'agissait là d'une ligne spécialement équipée en vue de résister aux grandes vitesses et où l'on a réalisé des vitesses allant jusqu'à 210 kilomètres à l'heure. Mais ce n'étaient que des essais dont les résultats, fort intéressants, ont permis de déterminer les conditions techniques nécessaires à l'obtention des très grandes vitesses, ainsi que les données d'établissement des chemins de fer électriques susceptibles de les réaliser.

[1] *Bulletin du Congrès international des Chemins de fer*, juin 1907. La vitesse des trains sur les chemins de fer américains et allemands, d'après W. A. Schulze.

L'avenir montrera dans quelle mesure ces conditions et ces données sont conciliables avec les nécessités pratiques d'une exploitation journalière [1].

§ 2. — MANUTENTION ET TRANSPORT DES MARCHANDISES. — RÉPARTITION DU MATÉRIEL ROULANT. — ÉCHANGE DU MATÉRIEL

1° Manutention et transport des marchandises

Le transport des marchandises par chemin de fer soulève, au point de vue du service du mouvement, un certain nombre de questions intéressantes, qui donnent lieu, sur les différents réseaux, à des recommandations spéciales, tant au point de vue du chargement et du déchargement qu'à celui du transport proprement dit. Nous en dirons ici quelques mots, en faisant connaître les règles à suivre dans la plupart des cas.

Réception, conservation et chargement des marchandises au départ. — La première opération est celle de la reconnaissance des colis, qui consiste dans l'examen attentif de leur état apparent et, lorsqu'ils sont emballés, dans la constatation de l'état de cet emballage.

Il est de règle que les marchandises emballées doivent avoir un emballage suffisant pour pouvoir supporter sans avaries les chargements, déchargements, transbordements et manœuvres qui sont la condition normale du transport.

Une fois la reconnaissance effectuée, les colis sont pesés et étiquetés ; ils sont ensuite portés et classés dans les locaux, halle ou quai, où ils attendent le chargement et où on doit les arrimer et les disposer avec soin, de manière qu'ils ne subissent aucune détérioration. On les classe autant que possible de manière qu'ils se trouvent en face des wagons dans lesquels ils doivent être chargés.

Les petits colis sont, en attendant leur départ, classés avec soin dans des locaux fermés ou dans des enclos d'une surveillance facile.

Pour les conduire au lieu de chargement on les dispose souvent dans des tricycles grillagés et à couvercles, qui permettent de les transporter sans aucun risque d'avaries.

Quand il s'agit des bagages, on doit les disposer avec le plus grand soin sur les chariots de manière à éviter les chutes, notamment lorsqu'on doit traverser les voies pour arriver au fourgon qui doit les recevoir. Dans certaines grandes gares (Paris quai d'Orsay notamment), des installations spéciales (ascenseurs, tapis roulants, etc.) permettent la manutention et le

[1] Les grandes vitesses et les chemins de fer. *Revue générale* (novembre 1904) d'après M. von Borries.

transport rapide des bagages entre les fourgons et le lieu de distribution ou d'enregistrement.

Les colis postaux et les petits colis de messagerie sont placés, toutes les fois que c'est possible, dans des enveloppes de groupage, sacs ou paniers, qui facilitent beaucoup la manutention et évitent les pertes et les erreurs de direction en cours de route.

Des recommandations spéciales sont faites au personnel des chemins de fer en ce qui concerne le chargement des différentes natures de colis et les précautions à prendre suivant qu'il s'agit de bagages, de fûts de vin, de verres, glaces, caisses d'œufs, paniers de poisson, etc., etc.

En ce qui concerne les marchandises pondéreuses, pièces de bois, pierres de taille, etc. les gares possèdent habituellement des grues qui permettent de les charger facilement sur les wagons. Quand la gare ne possède pas de grue fixe d'une force suffisante, on lui fournit une des grues roulantes que possèdent tous les réseaux, en vue de parer à des nécessités de ce genre.

Le choix des wagons à utiliser pour le chargement des marchandises a une grande importance.

Tous les wagons portent une inscription indiquant la limite de charge qui ne doit pas, en principe, être dépassée. Les chargements sont disposés de manière que le poids soit également réparti sur les quatre fusées des essieux. Les wagons couverts sont naturellement employés pour les marchandises qui craignent la mouille et les intempéries. Lorsque le matériel de cette nature fait défaut, on peut, dans certains cas, charger les marchandises en wagons découverts, en ayant soin de les recouvrir des bâches nécessaires pour les protéger. L'agencement des bâches doit être fait avec le plus grand soin ; les chargements sont disposés en dos d'âne et les bâches solidement tendues de tous les côtés de façon à éviter les poches dans lesquelles l'eau pourrait séjourner.

Lorsqu'on fait des chargements de houille et de coke, il est recommandé de chauler légèrement la surface du chargement, afin de pouvoir constater si les déchets qui se produisent sont dus au tamisage, à la dessiccation, ou au contraire à des soustractions en cours de route.

Toute expédition de marchandises de petite vitesse est d'ailleurs accompagnée d'un *bordereau de chargement* qui donne tous les renseignements nécessaires au sujet de cette expédition (numéro du wagon, gare expéditrice, gare destinataire, numéro et date d'expédition, nombre, poids, nature des colis, etc.) et qui sert à faire la reconnaissance des marchandises à l'arrivée.

Wagonnage. — Le wagonnage, c'est-à-dire le classement des marchandises dans les wagons, est une opération fort importante, tant au point de

vue du transport des marchandises elles-mêmes qu'à celui de l'utilisation du matériel.

Lorsque les marchandises forment le chargement complet d'un wagon, l'opération ne présente aucune difficulté ; quand il s'agit de *marchandises de détail*, c'est-à-dire expédiées par quantités inférieures au chargement d'un wagon, elle exige une grande attention.

Pour préciser les mesures prises dans la pratique à ce point de vue, nous indiquerons ci-après les règles suivies au réseau de l'État en ce qui concerne le wagonnage des marchandises de détail, règles analogues d'ailleurs à celles qui sont pratiquées sur la plupart des réseaux. Les instructions ci-après reproduites, extraites des ordres de service en vigueur, s'appliquent aux marchandises transportées en trafic intérieur, c'est-à-dire dans les limites du réseau lui-même.

Le but à atteindre est d'éviter les transbordements toutes les fois que faire se peut, ou de les réduire au minimum, lorsqu'il est impossible de les éviter. Les gares têtes de lignes et les gares de bifurcation, qui forment généralement les trains, disposent surtout des moyens de faire entrer dans leur composition les wagons nécessaires pour le classement méthodique des marchandises de détail. Elles sont en outre mieux placées que les autres, en raison même de l'importance et de la variété de leur trafic, pour procéder à ce classement, de façon à faciliter les opérations des gares intermédiaires, tout en ménageant les principaux intérêts en cause qui sont :

L'accélération des transports :

La bonne utilisation du matériel, taut au point de vue de sa charge moyenne qu'au point de vue de sa prompte mise à disposition ;

La diminution du poids mort dans les trains.

Le rôle des gares intermédiaires est beaucoup plus simple. En effet, il consiste surtout à bien utiliser le classement déjà préparé par les gares importantes et à faire, en principe, tous les chargements de détail au passage des trains.

A chaque changement de service, il est publié, dans l'instruction pour l'utilisation des trains, un tableau déterminant les trains de marchandises ou les trains mixtes qui doivent être pourvus d'un ou de plusieurs wagons collecteurs. Ce tableau indique l'itinéraire de chaque wagon collecteur ainsi que le détail de son utilisation.

Il y a trois catégories de wagons collecteurs :

Collecteur-distributeur. — 1° Le *wagon collecteur-distributeur* (*C. D.*) affecté aux transports de détail de la gare de départ du train ou de station intermédiaire à station intermédiaire, ou de la gare de départ du train et de station intermédiaire à la gare où s'arrête le train.

En envisageant une section déterminée, celle de Thouars à La Roche-sur-Yon par exemple, le wagon collecteur-distributeur affecté à cette section doit recevoir, aussi bien au départ de Thouars qu'au passage dans les gares intermédiaires situées entre Thouars et La Roche-sur-Yon, toutes les marchandises de détail pour la gare terminus et pour les gares intermédiaires de cette même section.

Il devra recevoir également les marchandises de détail de la route de Thouars à La Roche-sur-Yon en destination des gares comprises entre La Roche-sur-Yon d'une part, La Rochelle, Sainte-Pazanne, Les Sables-d'Olonne et Nantes d'autre part. Il est bien entendu d'ailleurs que, si ce travail de route est trop fort pour un seul wagon, on devra en mettre deux en circulation et placer dans l'un les colis de la route, jusqu'à La Roche-sur-

Yon, dans l'autre les colis à destination des gares intermédiaires situées au delà de La Roche-sur-Yon vers Nantes, Sainte-Pazanne, La Rochelle et Les Sables-d'Olonne.

Pour la bonne exécution des dispositions qui précèdent, les wagons-collecteurs et distributeurs *ne doivent jamais être complétés* par leur gare de départ, ce qui équivaudrait à rendre impossible tout travail de route. En principe les gares de départ n'y doivent faire entrer que les colis de détail à destination des stations intermédiaires comprises, pour l'exemple ci-dessus, entre Thouars et La Roche-sur-Yon, ou pour la gare terminus; mais dans la pratique, il demeure acquis que les conditions d'utilisation des wagons-collecteurs par les gares de départ peuvent être modifiées suivant les besoins ordinaires du trafic de la section qu'ils desservent, et en vertu d'instructions spéciales émanant du service local.

Collecteur a destination fixe. — 2° Le *wagon collecteur à destination fixe* (*C. F.*), c'est-à-dire spécialisé pour recevoir exclusivement les marchandises de détail à destination de certaines gares déterminées ou de leurs au-delà.

Par exemple, le train de marchandises qui circule entre Nantes (État) et La Roche-sur-Yon, par Clisson, contiendra un wagon collecteur à destination fixe pour La Rochelle. Les gares intermédiaires comprises entre Nantes (État) et La Roche-sur-Yon ne pourront charger dans ce wagon que des colis de détail pour La Rochelle. Une fois arrivé à La Roche-sur-Yon, ce wagon sera réexpédié par le plus prochain train de marchandises de détail sur La Rochelle et il continuera le même service de ramassage sur le parcours de La Roche-sur-Yon à La Rochelle, à moins toutefois qu'il ne soit arrivé complet à La Roche-sur-Yon. Dans ce cas, La Roche-sur-Yon le retirera du train de marchandises de détail, et, après l'avoir remplacé par un wagon vide pour le parcours de La Roche-sur-Yon à La Rochelle, elle le fera suivre sur La Rochelle sans retard, soit par le premier train de marchandises direct, soit par un train mixte.

Collecteur a destination fixe et a itinéraire accéléré. — 3° Le *wagon collecteur à destination fixe et à itinéraire accéléré* (*C. F. A.*).

Ce collecteur doit être exclusivement employé pour les marchandises de détail dont il y a intérêt à activer le transport soit en raison du tarif appliqué, soit pour toute autre cause. Son itinéraire tracé d'avance peut emprunter tour à tour des trains de marchandises et des trains mixtes. On l'affecte plus particulièrement au transport des marchandises de détail d'une gare déterminée et des gares intermédiaires de la route à destination d'une gare très éloignée de la gare de départ; de Chartres, par exemple, et des gares intermédiaires du parcours pour Bordeaux.

Toutes les fois qu'un vagon collecteur à destination fixe et à itinéraire accéléré est complet, un autre wagon vide est ajouté au train pour faire le même service, mais le wagon (*C. F. A.*) déjà complet ne doit pas être retiré du train ; il y est toujours laissé au contraire pour suivre l'itinéraire accéléré qui lui a été tracé d'avance.

Nous ajouterons que tous les wagons, quels qu'ils soient, reçoivent de chaque côté, dans un cadre réservé à cet effet, une étiquette d'un modèle spécial sur laquelle on écrit au crayon bleu tous les renseignements nécessaires pour assurer leur acheminement et leur utilisation.

En outre des instructions générales reproduites ci-dessus, des instructions de détail indiquent aux agents des gares et des trains de quelle façon doivent être faits les chargements dans les wagons collecteurs, suivant les cas qui peuvent se présenter, ainsi que les mesures à prendre en cas de trafic direct, c'est-à-dire pour les marchandises à destination des autres réseaux.

Transport. — Manutention en cours de route. — Manœuvres. — Transbordement. — Les colis une fois chargés dans les trains, il convient d'en assurer le transport et la remise à destination dans le moindre délai possible, en utilisant pour cela, suivant la combinaison la plus favorable à ce point de vue, soit les trains de marchandises directs, soit les trains de section, soit les trains mixtes.

Les wagons chargés voyagent sous la surveillance et la responsabilité directe des agents des trains qui doivent, concurremment avec les agents des gares pendant les stationnements, vérifier l'état des chargements des wagons non accompagnés et les modifier ou les consolider en cas de besoin. Quand un chargement dérangé ne peut être refait d'une manière satisfaisante, en raison du peu de temps disponible dans une gare, ou quand le wagon ne peut circuler sans danger pour la sécurité du train ou des marchandises, le chef de train peut même demander que le wagon soit différé.

Des précautions spéciales sont à prendre, en ce qui concerne les manœuvres dans les gares, auxquelles donnent fréquemment lieu les modifications dans la composition des trains par suite de l'envoi des marchandises sur des lignes d'embranchement[1].

Nous avons fait connaître précédemment les mesures à prendre en ce qui concerne les manœuvres dans les gares de triage, notamment pour le triage par la gravité.

On exécute aussi dans certaines gares des manœuvres au lancer, c'est-à-dire au moyen d'une machine qui pousse les wagons en leur donnant une certaine impulsion et en les abandonnant ensuite à leur propre vitesse. La vitesse imprimée aux wagons lancés doit généralement être assez modérée pour qu'ils puissent toujours s'arrêter d'eux-mêmes ou être arrêtés au frein avant d'atteindre un heurtoir ou un taquet d'arrêt. On doit éviter également que ces wagons viennent heurter des véhicules en stationnement.

D'ailleurs, toute manœuvre de wagons dans une gare est dirigée par un agent de l'exploitation, appelé *chef de manœuvre*, lequel doit recevoir les instructions du chef du gare ou de son délégué chargé de la direction du service de sécurité, notamment lorsque les manœuvres doivent engager les voies principales.

Le transbordement des marchandises de détail, c'est-à-dire l'opération qui consiste à faire passer les colis d'un wagon dans un autre, qu'elles voyagent en grande ou en petite vitesse, doit être faite avec beaucoup de soin, pour éviter les avaries. Toutes les recommandations faites pour la manipulation des colis au chargement s'appliquent au transbordement.

[1] La question des manœuvres de gare et des moyens de les accélérer a été traitée par le Congrès international des Chemins de fer à la session de Londres (1895). On trouvera dans les numéros d'avril, mai et juin du *Bulletin* de 1895 les rapports faits sur cette question.

Le transbordement est inévitable lorsqu'une marchandise passe d'un réseau sur un autre qui n'a pas la même largeur de voie ; mais ce n'est pas le seul cas dans lequel on soit obligé d'y avoir recours. Toutes les fois que les marchandises pour une destination donnée ne sont pas assez abondantes pour justifier l'emploi d'un ou de plusieurs wagons spécialisés pour cette destination, il faut à chaque bifurcation transborder les marchandises.

Déchargement et livraison des marchandises. — La manutention des marchandises à l'arrivée exige naturellement les mêmes soins qu'au départ ; les marchandises de détail sont déchargées et rangées dans une halle à marchandises ou sur un quai à la disposition des destinataires ou du service de camionnage.

Les wagons complets, dont le chemin de fer ne fait pas habituellement le déchargement, sont placés sur une voie de garage, où le destinataire vient en prendre livraison, à moins qu'il ne demande le camionnage à domicile.

En Angleterre, les marchandises sont déchargées et camionnées d'office par les compagnies, de sorte que les gares sont toujours débarrassées très vite. Nous étudierons, à propos de l'exploitation commerciale, les questions qui se rapportent à l'encombrement des gares de marchandises par les colis non livrés aux destinataires.

2° Répartition du matériel roulant

L'utilisation et la répartition du matériel roulant constituent l'une des préoccupations importantes des services d'exploitation sur les grands réseaux. Ainsi que nous l'avons vu précédemment, les wagons à marchandises sont loin d'être chargés à leur limite de capacité ; en France leur chargement moyen ne dépasse guère le tiers de cette limite. En outre, ces wagons ne parcourent journellement que des distances relativement petites, en raison de la faible vitesse des trains de marchandises. D'un autre côté, le trafic annuel n'est pas également réparti entre les différents mois de l'année ; il varie suivant les époques et même suivant les années. Il en résulte que, faute d'avoir du matériel en quantité suffisante pour satisfaire avec facilité aux besoins du trafic maximum, ce qui entraînerait souvent une dépense inadmissible d'acquisition de ce matériel, les réseaux ne sont le plus souvent en état de répondre qu'aux nécessités du trafic moyen ; il y a alors des *crises de matériel* qui se reproduisent à peu près régulièrement toutes les années à la même époque et en vue desquelles on est obligé de prendre des mesures spéciales de répartition.

La répartition du matériel vide entre les diverses gares d'un grand réseau suivant l'importance de leurs besoins est un problème compliqué, pour la

solution duquel plusieurs méthodes sont employées. En principe, le but à atteindre semble être d'envoyer le plus rapidement possible le matériel disponible au point où il doit être utilisé, tout en réduisant au minimum les parcours des wagons vides. Pour atteindre ce but diverses règles sont appliquées; mais, malgré leur variété, ces règles peuvent être rattachées aux deux principes suivants : 1° distribution faite par un répartiteur ; 2° écoulement normal des wagons vides des points où ils se trouvent sans emploi vers ceux où ils sont nécessaires [1].

Distribution par un répartiteur. — Dans ce système la distribution du matériel est faite par un répartiteur central dont les attributions s'étendent à l'ensemble du réseau. Il est généralement secondé par un certain nombre de gares, dites *gares de répartition*, qui sont placées chacune à la tête d'une subdivision de répartition ; dans l'intérieur de chaque subdivision la gare de répartition est chargée d'approvisionner les gares du matériel qui leur manque et de fixer l'emploi du matériel disponible.

Le répartiteur central reçoit chaque jour un résumé de la situation du matériel sur tous les points du réseau, indiquant d'une part les demandes de matériel, et, d'autre part, les disponibilités. Il centralise ces renseignements et dispose, comme il le juge convenable, des wagons vides, qui ne peuvent être mis en mouvement que par son ordre.

Bien que le travail du répartiteur central soit dans une certaine mesure simplifié par celui que font au premier degré les gares de répartition, on conçoit que ce travail reste fort délicat et qu'il exige de la part de celui qui l'exécute beaucoup d'habileté et d'expérience (c'est un peu, quoique dans un autre ordre d'idées, la fonction du *trains-despatcher* des États-Unis). En outre, c'est au moment où l'action du répartiteur est le plus utile, c'est-à-dire dans les périodes de fort trafic, que les ressources qui doivent lui être offertes par les gares font précisément défaut. Il faut donc qu'il connaisse très exactement la nature du trafic des gares et qu'il sache tenir compte de la tendance qu'elles ont généralement à majorer leurs demandes et à réduire leurs mises à disposition, dans la crainte de manquer de matériel.

Des instructions très précises et très détaillées sont rédigées sur tous les réseaux qui emploient cette méthode, dans le but de réglementer les renseignements à fournir journellement par les gares, le service des gares de répartition, celui de la répartition centrale, la façon dont doivent être tenus les registres du mouvement du matériel, etc.

Cette méthode, assez complexe dans l'application, offre le grand avantage

[1] Nous empruntons certains éléments de cette analyse au rapport présenté par M. Luuyt. alors sous-chef de l'exploitation de la compagnie P.-L.-M. au Congrès international des Chemins de fer. Session de Paris, 1900 (*Bulletin du Congrès*, décembre 1899).

de ne rien laisser au hasard dans la fourniture du matériel aux gares. Le répartiteur central étant tenu au courant de tous les besoins, peut disposer de ses ressources en toute connaissance de cause et en tenant compte de toutes les circonstances.

Distribution des wagons par courant de vides. — Dans ce système chaque gare est tenue d'expédier d'office et sans retard, sur une destination déterminée, tout wagon vide dont elle n'a pas l'emploi immédiat. Les wagons ainsi expédiés sont pris au passage par les gares qui en ont besoin.

L'avantage de ce système, c'est qu'il active l'évolution des wagons, puisque ceux-ci ne restent jamais immobilisés dans l'attente des ordres de la répartition. Il comporte en outre une très grande simplicité d'écritures. Les wagons étant dans le courant, à la disposition de tous, il n'est pas nécessaire d'être fixé sur leur situation exacte et les renseignements à fournir par les gares sont des plus sommaires. Par contre, il faut beaucoup de soin et de prévision pour que l'importance du courant soit toujours maintenue en proportion avec les besoins du moment. Les inspecteurs principaux de chaque section traversée par le courant des wagons vides sont chargés de se concerter pour arriver à ce résultat.

Dans la pratique les deux systèmes sont assez souvent combinés. On conçoit en effet que, lorsque le mouvement de certaines marchandises suit une direction constante, il y a intérêt à créer des courants de matériel vide en sens inverse des courants de trafic ; c'est ainsi que l'on opère sur le réseau P.-L.-M., où les centres les plus importants de consommation de wagons se trouvent au sud du réseau : ports de Marseille et de Cette, mines du Gard, vignobles du Midi, etc. Aussi a-t-on établi d'un bout à l'autre du réseau un courant Nord-Sud des wagons vides. On applique d'ailleurs sur ce réseau presque exclusivement le système du courant.

Sur le réseau du Nord, où la répartition est faite au premier degré par les inspecteurs principaux et au second degré par le service central du mouvement, on applique le système du courant normal des vides pour le transport des houilles et des fers qui nécessite plus de la moitié de l'effectif des wagons et qui représente un mouvement très important du trafic dans une direction déterminée.

Sur les autres réseaux français on applique en général le système de la distribution par répartiteur, avec quelques exemples du régime du courant de vides, notamment pour les transports de houille.

Dans les moments de trafic intense, lorsque le matériel est insuffisant pour permettre de servir au jour le jour toutes les demandes du commerce, on prend des mesures spéciales qui consistent notamment à faire rechercher dans toutes les gares par des agents désignés à cet effet le matériel qui peut

être disponible, de manière à l'envoyer le plus rapidement possible, et par des trains spéciaux dits trains de ramassage, sur les points où le besoin se fait le plus vivement sentir. L'application de ces mesures est fort délicate et doit tenir compte, d'une manière aussi exacte que possible, de l'urgence des demandes présentées par les gares afin de pouvoir les satisfaire suivant ce degré d'urgence, dans les limites compatibles avec le matériel réellement disponible.

3° Échange du matériel

Dans le but d'éviter, autant que possible, le transbordement en cours de route des wagons qui sont chargés de marchandises échangées d'un réseau à un autre, on a dû se préoccuper d'édicter certaines règles pour l'emploi réciproque du matériel roulant sur les réseaux auxquels il n'appartient pas. On conçoit en effet qu'il serait extrêmement gênant pour le commerce, et d'ailleurs à peu près inadmissible en pratique, de limiter l'emploi du matériel roulant aux transports qui se font à l'intérieur du réseau qui en est le propriétaire : on serait obligé de transborder à tous les points de jonction des réseaux les wagons chargés de marchandises destinées aux réseaux voisins, ce qui occasionnerait des retards, et dans bien des cas des avaries aux marchandises. On a donc admis que les wagons chargés d'un certain tonnage (2 000 ou 4 000 kilogrammes suivant la distance à parcourir) franchiraient sans transbordement les limites du réseau expéditeur, sous condition d'être rendus à ce réseau dans un certain délai variable avec la distance du point de destination. Pour l'emploi de ce matériel les réseaux sont convenus d'une redevance dont le taux, fixé par journée d'emploi, est variable suivant des conventions particulières intervenues à ce sujet ; une pénalité de retard, en cas de restitution au delà du délai convenu, s'ajoute à cette redevance. La pénalité pour retard est ordinairement de 3 francs par wagon et par jour. L'application de ces règles donne lieu à des comptes d'échange de matériel de réseau à réseau qui sont vérifiés et arrêtés mensuellement.

§ 3. — ACCIDENTS. — DALTONISME

1° Accidents

Dans une note insérée aux *Annales des Ponts et Chaussées* de septembre 1877, M. Sartiaux a fait connaître quelques chiffres intéressants en ce qui concerne les accidents de chemins de fer.

D'après cet article, si l'on consulte les documents statistiques officiels, on constate que, du temps des messageries, il y avait en France :

1 voyageur tué sur 355 000 voyageurs transportés ;
— blessé sur 30 000 — —

tandis que, sur les 1 781 403 687 voyageurs, transportés par les chemins de fer français du 7 septembre 1835 au 31 décembre 1875, il y a eu seulement :

1 voyageur tué sur 5 178 490 voyageurs transportés ;
— blessé sur 580 450 — —

La proportion tendait d'ailleurs à diminuer, car, si l'on considère, pour trois pays voisins : la France, la Belgique et l'Angleterre, la période de 1872 à 1875, on trouve les résultats suivants :

1 voyageur tué sur	45 260 000	voyageurs transportés	en France ;
	20 000 000	—	—	en Belgique ;
	12 000 000	—	—	en Angleterre,
1 voyageur blessé sur	1 024 000	voyageurs transportés	en France ;
	3 500 000	—	—	en Belgique ;
	336 000	—	—	en Angleterre.

Si l'on consulte les dernières statistiques publiées par le ministère des Travaux publics, on constate qu'en France, il y a eu sur les chemins de fer d'intérêt général, 3 voyageurs tués et 172 voyageurs blessés en 1903, 18 voyageurs tués et 316 voyageurs blessés en 1904. Ces chiffres correspondent aux résultats suivants :

1903	1 voyageur tué sur	143 000 000	voyageurs transportés ;
	1 — blessé sur	2 477 000	— —
1904	1 voyageur tué sur	24 000 000	voyageurs transportés ;
	1 — blessé sur	1 373 000	— —

Les chiffres précédents ne se rapportent qu'aux accidents de trains proprement dits.

D'après les documents du *Board of Trade*, qui publie tous les ans une statistique très détaillée des accidents en Angleterre, les chiffres correspondants aux deux dernières années 1904 et 1905 sont les suivants, en ce qui concerne les accidents de trains.

Il y a eu 6 voyageurs tués et 534 blessés en 1904, 39 voyageurs tués et 396 voyageurs blessés en 1905, ce qui donne les proportions suivantes :

1904	1 voyageur tué pour	199 788 000	voyageurs transportés ;
	1 — blessé pour	2 244 472	— —
1905	1 voyageur tué pour	30 000 000	voyageurs transportés ;
	1 — blessé pour	3 027 834	— —

Si l'on se reporte aux chiffres afférents aux seize dernières années, depuis 1890, on constate que la proportion a varié annuellement entre les limites suivantes :

1 voyageur tué pour { 41 000 000 à 199 000 000 } de voyageurs transportés.

1 voyageur blessé pour { 966 000 à 3 000 000 } de voyageurs transportés.

Le nombre des accidents de voyages a donc considérablement diminué depuis la création des chemins de fer, et il est hors de doute que la sécurité est infiniment plus grande sur les voies ferrées qu'elle ne l'était sur les routes au temps des messageries.

Toutefois, si rares que soient les accidents, ils sont toujours trop fréquents et on ne saurait prendre trop de précautions pour les éviter.

De nombreuses circulaires ministérielles ont été adressées dans ce but en France aux compagnies de chemins de fer. L'une des plus importantes est celle du 13 septembre 1880, dont nous avons déjà parlé ; c'est elle qui a prescrit :

1° L'emploi d'appareils avertisseurs ou protecteurs aux passages à niveau les plus fréquentés ;

2° L'installation d'appareils d'enclenchement à toutes les bifurcations et à tous les groupes d'aiguilles intéressant la sécurité de la circulation sur les voies principales ;

3° La communication des voyageurs et des gardes-freins avec le mécanicien ;

4° L'exploitation par le *Block-System* de toutes les sections de lignes où le trafic atteint, à certains moments de la journée, un mouvement de cinq trains à l'heure dans la même direction ;

5° L'installation des freins continus sur tous les trains de voyageurs dont la vitesse normale de pleine marche atteint 60 kilomètres à l'heure ;

6° L'emploi des cloches électriques sur les sections à voie unique où circulent plus de six trains réguliers par jour dans chaque sens.

Ces diverses prescriptions ont été confirmées ou rendues plus générales par des circulaires ultérieures, dont nous avons également parlé [1].

La France occupe, en somme, un assez bon rang parmi les nations, au point de vue de la sécurité sur les chemins de fer ; quoique les renseignements complets fassent défaut pour un certain nombre de pays, on considère généralement comme établi par les statistiques le classement suivant :

Le pays où il arrive le moins d'accidents de chemins de fer, à nombre égal de voyageurs, est la Belgique, où le faible relief du sol donne des facilités spéciales pour l'exploitation ; viennent ensuite l'Allemagne, la France et, à une certaine distance, l'Angleterre ; à une distance encore plus grande la

[1] M. Bricka a consacré un chapitre de son *Cours des Chemins de fer* à une analyse des causes des divers accidents qui peuvent se produire sur les chemins de fer, ainsi que des moyens généraux que l'on peut employer pour les prévenir. Nous ne saurions trop recommander la lecture de ce chapitre, dans lequel cet ingénieur éminent traite, avec la clarté parfaite qui était une des qualités caractéristiques de son esprit, la question dont il s'agit.

Russie ; enfin, au dernier rang, les États-Unis d'Amérique, où la construction plus sommaire des lignes et les conditions mêmes de l'exploitation rendent les accidents plus fréquents que dans tous les autres pays.

Le dernier rapport de l'Interstate Commerce Commission des États-Unis (*Revue générale des chemins de fer*, mai 1907) constate pour l'exercice 1905-1906 que le total du nombre des voyageurs victimes d'accidents de trains a été de 182 tués et 6 778 blessés. (Le nombre total des victimes pour les accidents de toute nature s'élève au chiffre de 4 225 tués, dont 418 voyageurs et 66 709 blessés, dont 11 285 voyageurs.) Le rapport ne fait pas connaître la proportion par rapport au nombre des voyageurs transportés ; mais il ajoute que l'augmentation du nombre des accidents n'a pas manqué de susciter l'inquiétude du public. La Commission propose d'ailleurs, comme remèdes à la situation :

1° Le renforcement de ses pouvoirs en matière d'accidents, notamment au point de vue des enquêtes ;

2° L'obligation d'installer le block-system sur toutes les lignes à voyageurs ;

3° La réglementation par le gouvernement des heures de travail du personnel des trains, des signaux et des télégraphes.

A titre de document, nous indiquerons que le coût des collisions, non compris les avaries aux marchandises, ni les indemnités payées aux voyageurs blessés et aux familles des voyageurs tués, s'est élevé à 10 659 189 dollars, soit 55 427 800 francs.

Depuis longtemps des sociétés se sont établies en Angleterre pour assurer les voyageurs contre les accidents de chemins de fer. La plus ancienne de ces sociétés est la *Passengers' Railway Company*, fondée en 1848. Elle délivre des polices à vie, pour plusieurs années, pour un an, pour un ou plusieurs mois, même pour un voyage ; elle a installé ses bureaux dans toutes les gares du Royaume-Uni, de sorte que le voyageur peut, après avoir pris son billet de chemin de fer, aller prendre au guichet voisin son billet d'assurance. Il existe en Angleterre un grand nombre de sociétés analogues qui assurent, soit exclusivement contre les risques des accidents de chemins de fer, soit contre ces risques en même temps que contre tous les autres.

Ce système d'assurances s'est propagé sur le continent européen, notamment en Allemagne. Il a été également appliqué en France sur le réseau de l'État ; mais la compagnie d'assurances qui s'était chargée de l'organiser l'a abandonné au bout de quelques années.

2° DALTONISME

On désigne sous le nom *daltonisme* (du nom présumé du docteur américain Dalton, qui passe pour l'avoir observée le premier), cette singulière

maladie des organes de la vue, qui altère d'une manière grave la notion des couleurs chez ceux qui en sont atteints. Les daltoniens distinguent fort bien la forme et le contour des objets, mais il leur est souvent impossible d'en reconnaître exactement la couleur; presque toujours ils confondent le rouge avec le vert. C'est pour cette raison que l'étude de cette maladie se rattache au service du mouvement des trains.

On conçoit, en effet, toute l'importance que présente, chez les agents chargés du service actif, la distinction nette entre les deux couleurs, rouge et vert, puisque c'est de leur emploi que dépend en grande partie la signification des signaux. Pourtant, pendant de longues années, on n'a aucunement pris garde à la maladie du daltonisme chez les agents de chemins de fer et ce n'est guère que depuis 1872 que les compagnies s'en sont préoccupées. A cette époque, en effet, M. le professeur Holmgren s'est livré à un examen attentif des agents des chemins de fer suédois à ce point de vue, et il est parvenu à faire si bien ressortir l'importance de cette infirmité qu'une loi a été votée par le Parlement, pour interdire aux daltoniens l'accès aux fonctions du service actif dans les chemins de fer.

En France, la plupart des compagnies ont suivi cet exemple et institué des examens dans le but d'éliminer également les daltoniens.

En Allemagne, l'Union (Verein) des chemins de fer, appelée, dans sa réunion de juin 1878, à donner son avis sur la question de savoir s'il est nécessaire de procéder à l'examen du personnel de l'exploitation, pour s'assurer que chaque employé a une exacte appréciation des couleurs (blanc, vert et rouge), s'est prononcée affirmativement.

A la suite de cet avis, les administrations allemandes ont procédé à des expériences sur leur personnel, pour déterminer le nombre des agents atteints de daltonisme. Ces expériences ont porté sur 86 056 agents de chemins de fer. Voici les résultats obtenus[1] :

Sur 7 266 chefs de stations	on a trouvé	27 daltoniens,	soit	1	pour	269	agents.
— 1 791 piqueurs,	—	5	—	1	—	358	—
— 3 475 trieurs de wagons,	—	38	—	1	—	91	—
— 13 523 aiguilleurs	—	80	—	1	—	169	—
— 26 055 gardes-lignes et auxiliaires,	—	180	—	1	—	144	—
— 11 066 mécaniciens et chauffeurs,	—	80	—	1	—	138	—
— 13 646 chefs de trains et conducteurs,	—	72	—	1	—	189	—
— 6 368 ouvriers,	—	47	—	1	—	135	—
— 2 866 fonctionnaires,	—	18	—	1	—	159	—
Sur 86 056 employés examinés,	on a trouvé	547 daltoniens,	soit	1	pour	157	agents.

En résumé, cette statistique montre que, sur 1 000 employés examinés, il y avait en moyenne 6 1/2 daltoniens.

[1] *Revue générale des Chemins de fer.* Décembre 1879.

A la compagnie P.-L.-M., où l'on fait passer, depuis 1857, des examens aux candidats à des emplois dans le service de l'exploitation, au point de vue de l'aptitude à distinguer les couleurs, on a relevé les résultats suivants :

Sur 1 000 candidats, 74 se sont trompés sur le vert, le jaune et le rouge, savoir :

Sur le vert	54
Sur le jaune	14
Sur le rouge	10

11 candidats sur 1 000 ont été refusés.

A la compagnie du Nord, où des observations ont été faites également sur 11 000 agents environ du service de l'exploitation, on a trouvé 5,4 daltoniens sur 1 000 pour le rouge et le vert; en ajoutant ceux qui ne savaient pas distinguer le vert d'avec le bleu et le gris, la proportion était de 9 pour 1 000[1].

Ces résultats montrent que le daltonisme est une affection plus fréquente qu'on ne le croit généralement; bien qu'elle n'empêche pas absolument les personnes qui en sont atteintes de comprendre la signification des signaux, puisque celle-ci résulte, non seulement de la couleur, mais aussi de la forme et de la position des objets, il est prudent de ne pas confier aux daltoniens un service dans lequel il est de la plus grande importance de pouvoir reconnaître sans la moindre hésitation la couleur des signaux.

[1] *Revue générale des chemins de fer*, avril 1886.

LIVRE SECOND

EXPLOITATION COMMERCIALE. — DÉPENSES DE L'EXPLOITATION

CHAPITRE PREMIER

LES TARIFS LÉGAUX. — L'HOMOLOGATION

§ 1er. — Les tarifs légaux. — Tarifs de voyageurs. — Impôt sur la grande vitesse. — Sa suppression partielle en 1892. — Tarifs de marchandises. — Tarifs différentiels. — Tarif exceptionnel.

§ 2. — Homologation des tarifs. — Pouvoirs de l'État.

§ 1er. — LES TARIFS LÉGAUX

On désigne sous le nom de *tarifs* les taxes que les compagnies de chemins de fer sont autorisées à percevoir sur le public pendant la durée de leur concession, pour les indemniser des dépenses que leur impose leur cahier des charges.

Ces taxes se composent de deux parties : 1° un droit de péage, destiné à la rémunération du capital engagé dans l'entreprise ; 2° un prix de transport, représentant les frais d'entretien de la ligne et les dépenses du transport.

Voici comment ces taxes ont été fixées, en France, par l'article 42 des cahiers des charges de 1857 et 1859, sous la condition expresse que les compagnies rempliront toutes les obligations qui leur sont imposées. Nous reproduisons d'abord ce qui concerne les voyageurs.

Les cahiers des charges des premiers chemins de fer construits en France ne stipulaient qu'un prix total de 0,05 fr. pour les voyageurs de la troisième classe ; mais les voitures qui les transportaient étaient découvertes. A la suite de la décision, prise en 1848, qui a prescrit de couvrir les voitures de cette classe, le prix kilométrique a été augmenté d'un demi-centime.

VOYAGEURS Par tête et par kilomètre.	PRIX		
	de péage.	de transport.	totaux.
	fr.	fr.	fr.
Voitures couvertes, garnies et fermées à glace (1re *classe*)	0,067	0,033	0,10
Voitures couvertes, fermées à glace, à banquettes rembourrées (2e *classe*)	0,050	0,025	0,075
Voitures couvertes et fermées à vitres (3e *classe*)	0,037	0,018	0,055

Enfants. — Au-dessous de trois ans, les enfants ne paient rien, à la condition d'être portés sur les genoux des personnes qui les accompagnent.
De trois à sept ans, ils paient demi-place et ont droit à une place distincte; toutefois, dans un même compartiment, deux enfants ne pourront occuper que la place d'un voyageur.
Au-dessus de sept ans, ils paient place entière.

Les prix indiqués ci-dessus représentent les maxima des taxes que les compagnies peuvent être autorisées à percevoir pour la rémunération de leurs services.

Ce ne sont pas d'ailleurs les prix qui sont payés par le public ; ceux-ci sont plus élevés, à cause des différents impôts établis par l'État sur la grande vitesse et que les chemins de fer sont chargés de percevoir pour son compte.

Un premier impôt a été établi par la loi du 14 juillet 1855; il était égal au $\frac{1}{10}$ de la taxe, plus un double décime, soit 12 p. 100. A la suite de la guerre de 1870, une loi du 16 septembre 1871 a établi une taxe additionnelle de 10 p. 100, qui frappe la totalité du prix précédent. De sorte que, si l'on désigne par p la taxe prévue par le cahier des charges, la taxe p' résultant de l'application de ces divers impôts est donnée par la formule :

$$p = \left(1 + \frac{1}{10} + \frac{2}{100}\right) \left(1 + \frac{1}{10}\right) p$$

ou

$$p' = 1{,}232\, p.$$

L'application de cette formule donne les chiffres suivants :

1re classe	0,1232 fr.
2e —	0,0924 —
3e —	0,0678 —

Le taux extrêmement élevé de l'impôt sur la grande vitesse, résultant de la superposition de l'impôt de guerre à celui de 1855, a de tout temps été considéré comme néfaste pour le développement des transports ; la situation budgétaire empêchait seule la diminution de cet impôt.

Nous avons vu (1re partie, chap. IV) que les compagnies s'étaient engagées, par les conventions de 1883, dans le cas où l'État supprimerait la taxe

additionnelle de 10 p. 100, à réduire les tarifs de voyageurs de 10 p. 100 pour la 1re classe, et de 20 p. 100 pour la 2e classe, ou suivant toute autre formule équivalente arrêtée d'accord avec l'État.

Cette réforme a été réalisée à partir du 1er avril 1892 en vertu d'une disposition de la loi de finances du 26 janvier 1892 qui a supprimé la surtaxe de 10 p. 100.

Depuis cette époque les prix maxima applicables, y compris l'impôt, sont les suivants :

1re classe	0,112 fr.
2e —	0,0756 fr.
3e —	0,04928 fr.

L'article 44 du cahier des charges contient la clause suivante, qui doit être considérée comme une annexe aux tarifs de voyageurs :

« Tout voyageur dont le bagage ne pèsera pas plus de 30 kilogrammes n'aura à payer, pour le port de ce bagage, aucun supplément du prix de sa place.

« Cette franchise ne s'appliquera pas aux enfants transportés gratuitement et elle sera réduite à 20 kilogrammes pour les enfants transportés à moitié prix. »

La franchise de 30 kilogrammes n'existe qu'en France. Dans presque tous les autres pays de l'Europe, les bagages sont taxés à part et assez chèrement. Le système adopté en France équivaut donc, en définitive, à une certaine réduction du prix de la place dont il est équitable de tenir compte, lorsque l'on veut comparer les tarifs de voyageurs des différents pays.

Passons maintenant au transport des marchandises. Il faut distinguer suivant qu'elles sont transportées en grande ou en petite vitesse.

Les marchandises en grande vitesse portent le nom de *Messageries;* elles sont transportées à la vitesse des trains de voyageurs et sont taxées uniformément, par l'article 42 du cahier des charges, à 0,36 fr. par kilomètre, de la manière suivante :

MARCHANDISES TRANSPORTÉES A GRANDE VITESSE	PRIX PAR TONNE ET PAR KILOMÈTRE		
	Péage.	Transport.	Total.
	fr.	fr.	fr.
Huîtres, — poissons frais, denrées, — excédents de bagages et marchandises de toutes classes transportées à la vitesse des trains de voyageurs.	0,20	0,16	0,36

Le minimum de poids taxé est de 10 kilogrammes et le minimum de taxe de 0,40 fr.

Toutes les autres marchandises, transportées en petite vitesse, sont divisées par le cahier des charges en quatre classes et taxées de la manière suivante :

MARCHANDISES TRANSPORTÉES A PETITE VITESSE	PRIX PAR TONNE ET PAR KILOMÈTRE		
	Péage.	Transport.	Total.
	fr.	fr.	fr.
Première classe. — Spiritueux, — huiles, — bois de menuiserie, de teinture et autres bois exotiques, — produits chimiques non dénommés, — œufs, — viande fraîche, — gibier, — sucre, — café, — drogues, — épiceries, — tissus, — denrées coloniales, — objets manufacturés, — armes.	0,09	0,07	0,16
Deuxième classe. — Blés, — grains, — farines, — légumes farineux, — riz, maïs, châtaignes et autres denrées alimentaires non dénommées, — chaux et plâtres, — charbon de bois, — bois à brûler, dit de corde, perches, — chevrons, planches, madriers, — bois de charpente, — marbre en bloc, — albâtre, — bitume, — coton, — laine, — vins, — vinaigre, — boissons, — bière, — levure sèche, — coke, — fers, — cuivres, — plomb et autres métaux ouvrés ou non, fontes moulées.	0,08	0,06	0,14
Troisième classe. — Pierres de taille et produits de carrières, — minerais autres que ceux de fer, — fonte brute, — sel, — moellons, — meulières, — argiles, — briques, — ardoises	0,06	0,04	0,10
Quatrième classe. — Houilles, — marnes, — cendres, — fumiers, — engrais, — pierres à chaux et à plâtre, — pavés et matériaux pour la construction et la réparation des routes, — minerais de fer, — sable et cailloux.			
Pour un parcours de 0 à 100 kilomètres, sans que la taxe puisse être supérieure à 5 francs.	0,05	0,03	0,08
Pour un parcours de 101 à 300 kilomètres, sans que la taxe puisse être supérieure à 12 francs	0,03	0,02	0,05
Au delà de 300 kilomètres.	0,025	0,015	0,04

La quatrième classe des marchandises n'existait pas avant 1863 ; celles qui y figurent maintenant faisaient partie de la troisième classe. C'est à la suite d'un accord intervenu entre l'État et les compagnies que cette nouvelle division a été introduite dans le cahier des charges.

On voit que les trois premiers tarifs sont simplement kilométriques. Celui de la quatrième classe est ce qu'on appelle un *tarif différentiel;* le prix du kilomètre y varie avec le nombre des kilomètres parcourus.

L'usage des tarifs différentiels a donné lieu autrefois à de longues et vives discussions, qui sont aujourd'hui apaisées et qui ne présentent plus, par conséquent, qu'un intérêt historique. On leur reprochait de favoriser les grandes distances au détriment des petites, en abaissant le prix du kilomètre pour les transports à grande distance; on répondait, avec juste rai-

son, que le but des voies de communication est précisément d'atténuer les obstacles résultant de la distance et que supprimer les tarifs différentiels, ce serait refuser d'accepter une des conditions essentielles de l'utilisation des chemins de fer. En fait, ces tarifs sont toujours restés en vigueur ; une restriction leur a seulement été apportée par la *clause des stations non dénommées*, dont nous parlerons ultérieurement, à propos des tarifs spéciaux.

L'article 42 du cahier des charges ajoute ce qui suit, en ce qui concerne les conditions d'application des tarifs :

« La perception aura lieu d'après le nombre de kilomètres parcourus. Tout kilomètre entamé sera payé comme s'il avait été parcouru en entier.

Si la distance parcourue est inférieure à 6 kilomètres, elle sera comptée pour 6 kilomètres.

« Le poids de la tonne est de 1 000 kilogrammes.

« Les fractions de poids ne seront comptées, tant pour la grande que pour la petite vitesse, que par centième de tonne ou par 10 kilogrammes. Ainsi tout poids compris entre 0 et 10 kilogrammes payera comme 10 kilogrammes ; entre 10 et 20 kilogrammes, comme 20 kilogrammes, etc. »

En outre, comme les désignations inscrites dans les quatre classes du tarif légal sont loin de comprendre toutes les marchandises, le cahier des charges a prévu (art. 45) la nécessité des assimilations et il a décidé que les assimilations de classes pourraient être provisoirement réglées par les compagnies, mais qu'elles seraient soumises immédiatement à l'administration, chargée de prononcer définitivement.

Tarif exceptionnel. — D'après l'article 47 du cahier des charges, les prix de transport déterminés au tarif dudit cahier des charges ne s'appliquent pas :

1° Aux denrées et objets qui n'y sont pas nommément énoncés et qui ne pèseraient pas 200 kilogrammes sous le volume d'un mètre cube ;

2° Aux matières inflammables ou explosibles, aux animaux et objets dangereux, pour lesquels des règlements de police prescriraient des précautions spéciales ;

3° Aux animaux dont la valeur déclarée excéderait 5000 francs ;

4° A l'or et à l'argent, soit en lingots, soit monnayés ou travaillés, au plaqué d'or et d'argent, au mercure et au platine, ainsi qu'aux bijoux, dentelles, pierres précieuses, objets d'art et autres valeurs ;

5° Et en général, à tous paquets, colis ou excédents de bagages, pesant isolément 40 kilogrammes et au-dessous.

Pour ces divers objets, les prix de transport sont arrêtés annuellement par le ministre des Travaux publics, sur la proposition de la compagnie.

L'ensemble de ces prix constitue ce qu'on est convenu d'appeler le *tarif exceptionnel.*

Le ministre fixe également, sur la proposition de la compagnie : 1° les prix applicables aux voitures de luxe introduites dans les trains de voyageurs (art. 43 du cahier des charges) ; 2° ceux qui doivent être appliqués aux masses indivisibles pesant plus de 5 000 kilogrammes, lorsque le concessionnaire consent à en faire le transport, auquel il n'est pas tenu, en vertu des dispositions de l'article 46 du cahier des charges.

Nous verrons plus loin comment ont été fixés ces divers prix par un arrêté ministériel du 24 mars 1898.

§ 2. — HOMOLOGATION DES TARIFS

Dès les premiers temps de la création des chemins de fer en France, les pouvoirs publics, comprenant l'influence considérable que les tarifs pouvaient exercer sur l'industrie et le commerce, ont reconnu la nécessité de réserver à l'État un droit de contrôle sur la fixation des taxes à percevoir par les concessionnaires. Le principe a été posé par l'article 44 de l'ordonnance du 15 novembre 1846, d'après lequel « aucune taxe, de quelque nature qu'elle soit, ne pourra être perçue par la compagnie qu'en vertu d'une homologation du ministre des Travaux publics ».

En outre, l'article 49 de la même ordonnance, modifié par le décret du 1er mars 1901, est ainsi conçu :

« Lorsque la compagnie voudra apporter quelques changements aux prix autorisés, elle en donnera avis au ministre des Travaux publics, aux préfets des départements traversés et au service du contrôle.

« Le public sera en même temps informé par des affiches des changements soumis à l'approbation du ministre.

« A l'expiration du mois à partir de la date de l'affiche, lesdites taxes pourront être perçues si, dans cet intervalle, le ministre des Travaux publics les a homologuées.

« Si des modifications à quelques-uns des prix affichés étaient prescrites par le ministre, les prix modifiés devront être affichés de nouveau et ne pourront être mis en perception qu'un mois après la date de ces affiches. »

La question de l'étendue du pouvoir qui est attribué au ministre des Travaux publics par les articles 44 et 49 de l'ordonnance de 1846 a donné lieu à une longue controverse, dont on trouvera l'exposé complet dans les *Conférences sur l'administration et le droit administratif* de M. Aucoc, 2e édition, t. III.

Les compagnies ont longtemps prétendu que le pouvoir du ministre se bornait à vérifier si les taxes proposées par elles ne dépassaient pas le

maximum établi par le cahier des charges, ce qui réduisait son rôle à une simple vérification suivie d'un enregistrement, que l'administration n'aurait pas pu refuser. Elles s'appuyaient, pour émettre cette prétention, sur une consultation délibérée par les membres les plus éminents du barreau de Paris. Il est admis aujourd'hui, à la suite des débats qui ont eu lieu sur cette question et depuis la revision du cahier des charges en 1857, que le mot *homologation* a toute la valeur du mot *approbation;* que le ministre a le droit, par conséquent, de refuser d'approuver les tarifs qui lui sont présentés (lorsque ceux-ci ne se bornent pas à une reproduction pure et simple de ceux du cahier des charges) et qu'il peut indiquer aux compagnies les modifications moyennant lesquelles il serait disposé à accorder son approbation. Les compagnies demeurent, dans ce cas, libres d'accepter ou de refuser ces modifications : si elles les acceptent, les prix modifiés doivent être soumis à leur tour aux formalités prévues par l'article 49 de l'ordonnance de 1846.

M. Aucoc, dans l'ouvrage que nous venons de citer, résume de la manière suivante la législation sur l'homologation des tarifs :

« Aux concessionnaires appartient l'initiative, au gouvernement un droit de *veto*. L'initiative aux mains des compagnies leur permet de chercher les combinaisons les plus productives en même temps que les plus satisfaisantes pour la masse des intérêts engagés. Le véto, aux mains du gouvernement, lui permet d'empêcher les combinaisons abusives, qui léseraient l'intérêt public et blesseraient l'équité. »

M. Aucoc ajoute que, si le ministre a le droit de refuser cette homologation du tarif qui lui est soumis, il ne peut cependant pas prescrire une modification à laquelle la compagnie n'aurait pas consenti. Il n'y a qu'une exception à ce principe ; elle est prévue par le dernier alinéa de l'article 42 du cahier des charges, qui est relatif aux cas de disette et qui est ainsi conçu :

« Dans le cas où le prix de l'hectolitre de blé s'élèverait sur le marché régulateur à 20 francs ou au-dessus, le gouvernement pourra exiger de la compagnie que le tarif du transport des blés, grains, riz, maïs, farines et légumes farineux, péage compris, ne puisse s'élever au maximum qu'à 0 fr. 07 par tonne et par kilomètre. »

En fait, les compagnies ont toujours abaissé spontanément, dans les moments de disette, les tarifs au-dessous de ce chiffre.

La procédure qui doit être suivie pour arriver à l'homologation d'un tarif est réglée par les articles 45 et 49 de l'ordonnance de 1846 et par un certain nombre de circulaires ministérielles. Elle consiste dans l'affichage des taxes proposées et dans leur communication au ministre ainsi qu'aux préfets des départements traversés par le chemin de fer et au service du contrôle. Après instruction par le service du contrôle, le dossier est soumis au

comité consultatif des chemins de fer, qui donne son avis sur le rapport d'un de ses membres, ou même sur le rapport d'une commission si la proposition est très importante. Le ministre statue ensuite.

En outre, l'administration a pris, depuis 1857, une précaution destinée à permettre de réparer des erreurs qui pourraient se produire au moment de l'examen des propositions de la compagnie, c'est de n'accorder l'homologation qu'à titre provisoire, ce qui permet, par conséquent, de la retirer. Les compagnies ont également combattu cette manière d'opérer, qu'elles considéraient comme illégale; mais, depuis 1880, elles ont renoncé à leur opposition. Le ministre, de son côté, a déclaré que la suppression de l'homologation provisoire serait soumise aux mêmes formalités que l'obtention de l'homologation proprement dite.

Signalons enfin que, d'après l'article 48 du cahier des charges, lorsque des taxes ont été abaissées avec l'approbation de l'administration, elles ne peuvent plus être relevées ensuite qu'après un délai de trois mois au moins pour les voyageurs et d'un an au moins pour les marchandises.

En ce qui concerne les chemins de fer d'intérêt local et les tramways, le droit d'homologation appartient, d'après la loi du 11 juin 1880, au ministre des Travaux publics quand la ligne traverse plusieurs départements ou quand il s'agit de tarifs communs avec d'autres lignes, et au préfet du département dans le cas contraire.

CHAPITRE II

LES TARIFS D'APPLICATION. — LA RÉFORME DES TARIFS

§ 1er. — Les tarifs d'application. — Tarifs généraux. — Tarifs spéciaux. — Clause de non-responsabilité. — Sa suppression par la loi du 17 mars 1905 (loi Rabier). — Clause des stations non dénommées. — Tarifs communs. — Tarifs de transit et d'exportation. — Formes diverses des tarifs. — Tarif belge. — Tarif par zones. — Tarif par prix fermes.

§ 2. — La réforme des tarifs. — Exposé des critiques auxquelles ont donné lieu les tarifs. — Revision de la classification des marchandises en 1879. — Projet de tarif général commun présenté en 1880 par les compagnies. — Circulaire ministérielle du 2 novembre 1881. — Ajournement de la réforme. — Conventions de 1883. — Refonte des tarifs généraux et spéciaux. — Classification générale de 1902. — Les nouveaux tarifs homologués des divers réseaux. — Grande vitesse : tarifs généraux. — Prix de transport et conditions générales d'application. — Tarifs spéciaux. — Conditions communes d'application. — Tarifs communs. — Colis postaux. — Petite vitesse : tarifs généraux. — Barèmes et conditions générales d'applications. — Tarifs spéciaux. — Barèmes des différents réseaux. — Examen de quelques tarifs spéciaux, pour le transport des animaux, des céréales, des vins, des combustibles minéraux, des engrais. — Abaissement des taxes. — Taxe kilométrique moyenne des marchandises depuis 1855. — Les tarifs réduits du réseau de l'Etat. Leur influence sur le développement des transports. — Tarifs communs. — Tarifs pour le trafic international. — Tarifs d'exportation, de transit. — Tarifs d'importation. — Conditions générales d'application des tarifs spéciaux. — Convention internationale de Berne.

§ 1er. — LES TARIFS D'APPLICATION

Les tarifs fixés par le cahier des charges sont des maxima qui ne doivent être dépassés sous aucun prétexte; on les appelle, pour cette raison, *tarifs légaux*. En fait, ces tarifs et la division des marchandises en quatre classes n'ont jamais été appliqués par les compagnies. Usant du droit que leur confère l'article 48 du cahier des charges, d'après lequel elles peuvent « abaisser leurs taxes, avec ou sans conditions, au-dessous des limites légales, soit pour le parcours total, soit pour le parcours partiel de la voie ferrée », elles ont préféré diminuer certaines taxes et abandonner la simplicité de la tarification réglementaire.

Pour cela, elles ont divisé les marchandises en un certain nombre de séries, variables suivant les réseaux, et auxquelles s'appliquent des tarifs, dits *tarifs généraux*, établis dans les limites fixées par le cahier des charges.

Le caractère des tarifs généraux, c'est d'être substitués, après l'homologation, à ceux qui sont prévus au cahier des charges et d'être applicables toutes les fois que l'expéditeur ne demande pas l'application d'un autre tarif, subordonné à l'acceptation de certaines conditions.

Les tarifs généraux sont, au moins pour ce qui concerne les marchandises, un peu inférieurs aux prix du tarif maximum, mais ils s'en rapprochent beaucoup. L'application de ces tarifs confère à la marchandise qui les paie tous les droits, toutes les conditions de délai, toutes les garanties qui résultent soit du cahier des charges, soit du droit commun.

Il n'en est pas de même des tarifs à prix réduits, connus sous le nom de *tarifs spéciaux*, nommés aussi *tarifs conditionnels*, que toutes les compagnies ont établis en grand nombre et qui constituent, pour ainsi dire, une convention particulière entre la compagnie et l'expéditeur. La compagnie offre au public, pour certaines marchandises et pour certains trajets, des tarifs plus faibles que les tarifs généraux, mais à certaines conditions, moins onéreuses pour elle que celles auxquelles ces marchandises ont droit d'après le cahier des charges. L'expéditeur reste libre d'accepter ces tarifs réduits et les conditions auxquelles ils sont offerts ; on ne les lui applique que sur sa demande.

Tel est le caractère des tarifs spéciaux, dont la légalité résulte de l'article 48 du cahier des charges, que nous avons cité plus haut.

C'est dans la confection des tarifs spéciaux que les compagnies ont fait la plus large application des tarifs différentiels, et c'est par le jeu de ces tarifs qu'elles sont à même de lutter contre la concurrence des entreprises rivales et de faire rendre aux lignes dont elles sont les concessionnaires tous les profits qu'il est possible d'en tirer. Les tarifs spéciaux sont à proprement parler, les instruments de la puissance commerciale des compagnies, puissance très considérable, qui a donné lieu à des plaintes très vives, comme nous le verrons tout à l'heure, quand nous nous occuperons de la réforme des tarifs.

Les conditions, en échange desquelles les compagnies accordent les taxes réduites des tarifs spéciaux, sont habituellement les suivantes :

1° L'expéditeur fournira le chargement d'un wagon complet ou du moins payera comme si le wagon était complet :

2° Les délais de transport fixés par le cahier des charges pourront être dépassés, sans que la compagnie ait à payer d'indemnité pour ce fait ;

3° Le chargement et le déchargement seront faits par l'expéditeur et le destinataire.

En outre, tous les tarifs spéciaux ont comporté pendant longtemps une clause de non-responsabilité généralement libellée comme suit : « La Compagnie ne répond pas des déchets et avaries de route. »

Cette clause a donné lieu à de nombreuses discussions et à de vives polémiques, qui sont devenues aujourd'hui sans objet depuis la mise en application de la loi du 17 mars 1905, connue sous le nom de loi Rabier.

Cette loi a consisté à compléter l'article 103 du Code de commerce, ainsi libellé :

« Le voiturier est garant de la perte des objets à transporter, hors les cas de force majeure. Il est garant des avaries autres que celles qui proviennent du vice propre de la chose ou de la force majeure. »

par la disposition suivante :

« Toute clause contraire insérée dans toute lettre de voiture, tarif ou autre pièce quelconque est nulle. »

A la suite du vote de cette loi, les compagnies de chemins de fer ont adressé au ministre des Travaux publics une lettre dans laquelle elles soutenaient que la disposition nouvelle, annulant les articles 2 et 3 des conditions générales d'application des tarifs spéciaux. avait pour effet de rendre nuls, en droit, tous ces tarifs et de ne laisser subsister que les prix et conditions du tarif général. Elles ajoutaient que, sans renoncer à leur droit, elles consentaient à maintenir tous leurs tarifs spéciaux, mais en y introduisant des relèvements de prix applicables à un certain nombre de marchandises, dont elles fournissaient la liste.

Sans parler de ce que pouvait avoir d'excessif, en droit, la thèse soutenue par les compagnies, thèse qui avait été vivement combattue par avance à la tribune du Parlement, il est hors de doute que leur proposition, si elle avait été admise telle quelle, aurait eu pour résultat des relèvements de prix considérables, dont les conséquences ne pouvaient qu'être désastreuses pour le commerce et l'industrie. Aussi, tout en faisant les plus expresses réserves sur la thèse juridique soutenue par les compagnies, le ministre des Travaux publics fit-il procéder à une instruction de leurs propositions, à la suite de laquelle le nombre et le taux des majorations proposées furent sensiblement réduits; les décisions homologatives des 28 juin et 4 août 1905 assignèrent à la période d'application provisoire de ces majorations une durée limitée au 31 décembre 1906, date à laquelle les compagnies devaient avoir soumis et affiché leurs propositions rectificatives et fourni au service du contrôle toutes justifications utiles.

En fait les propositions de majorations de taxes, telles qu'elles avaient été présentées tout d'abord (en 1905), s'appliquaient, avec des taux variant de 1 à 4 p. 100, à 167 marchandises.

La décision homologative n'en a admis que 130 avec des majorations dont le taux variait de 1 à 3 p. 100 (1 p. 100 pour 36 articles, 2 p. 100 pour 68 et 3 p. 100 pour 26).

Mais ultérieurement les compagnies ont elles-mêmes proposé d'aban-

donner toute majoration sur certaines marchandises et de réduire le taux de la surtaxe pour certaines autres, de sorte qu'au 1er décembre 1906 il n'y avait plus que 71 articles soumis à majoration.

D'après les calculs auxquels il a été procédé, par ordre de l'administration supérieure, on peut évaluer à plus de 1 500 000 francs, dans l'état actuel du trafic, le produit annuel des majorations applicables à ces 71 articles.

Il est intéressant de rapprocher ce chiffre de celui du trafic total des marchandises de grande et petite vitesse. D'après les documents statistiques de 1904, ce trafic atteignait 975 610 000 francs, dont 178 700 000 francs pour la grande vitesse et 796 900 000 francs pour la petite.

Les tarifs spéciaux se présentent souvent sous la forme, non de barèmes kilométriques tels qu'ils avaient été prévus par le cahier des charges, mais de prix tout faits, applicables entre des stations déterminées. C'est ce qu'on appelle des *prix fermes* ou *prix exceptionnels*.

Dans ce cas, les parcours intermédiaires ne bénéficiant pas de ces prix fermes, pourraient se trouver taxés à des prix supérieurs au parcours total, si une clause spéciale n'avait été édictée dans le but de faire disparaître cette anomalie.

C'est la *clause des stations non dénommées*, introduite par l'administration depuis 1864 dans tous les tarifs spéciaux à prix fermes et qui a pour but d'empêcher qu'on ne paye, pour une distance partielle, un prix plus élevé que pour une distance plus grande, dont la première fait partie. En vertu de cette clause, toute station située sur le trajet d'un prix ferme peut expédier la marchandise à laquelle il s'applique, en payant le prix de la station dénommée qui la précède. Voici comment cette clause était autrefois libellée :

« Les expéditeurs de ou pour une station non dénommée au présent tarif, comprise entre deux stations dénommées, jouiront du bénéfice de ce tarif en payant pour la distance entière, depuis la dernière station dénommée située avant le lieu de départ jusqu'à la première station dénommée située après le lieu de destination, si la taxe ainsi calculée est plus avantageuse pour les expéditeurs que celle du tarif général. »

Aujourd'hui, la clause des stations non dénommées, au lieu de figurer dans les différents tarifs, est insérée, avec un libellé un peu différent, dans les conditions d'applications communes à tous ces tarifs. Le résultat obtenu est donc le même.

Lorsque des tarifs spéciaux sont établis entre plusieurs réseaux, ils prennent le nom de *tarifs communs ;* ils s'appliquent à des transports dont le point de départ et le point d'arrivée sont situés sur des réseaux différents.

Dans les cas d'application de tarifs communs, la marchandise circule comme si elle ne sortait pas d'un même réseau et l'expéditeur n'a pas à s'occuper de la transmission d'un réseau à l'autre. Le montant total de la

taxe est habituellement partagé entre les compagnies au prorata de la distance parcourue sur chaque réseau.

Mentionnons encore les *tarifs de transit* et les *tarifs d'exportation*, qui sont soumis à une réglementation spéciale résultant de deux décrets du 26 avril 1862 et du 1er août 1864.

Les tarifs de transit ont pour but d'attirer sur le territoire français et de conduire à nos ports de mer les marchandises étrangères à destination de l'étranger, c'est-à-dire celles qui ne doivent faire que traverser la France. Le décret de 1862 a facilité aux compagnies l'établissement de ces tarifs, qui leur permettent de lutter contre les compagnies étrangères, en les dispensant des formalités préalables à l'homologation.

D'après ce décret, le ministre peut autoriser les compagnies à fixer les prix qu'elles jugent propres à combattre la concurrence étrangère ; elles sont dispensées, en outre, de toute formalité d'affichage et de tout délai pour le relèvement des taxes abaissées.

Quant aux tarifs d'exportation, ils sont destinés à faciliter, par des taxes réduites, l'expédition des tarifs français à l'étranger. Ils sont également affranchis par le décret de 1862 des formalités d'affichage et les taxes proposées sont applicables dans les cinq jours de leur présentation au ministre, si celui-ci n'a pas notifié son opposition ; mais les taxes abaissées ne peuvent être relevées qu'au bout de trois mois, en observant les formalités prescrites pour les tarifs ordinaires.

Formes diverses des tarifs. — Lorsqu'un tarif est kilométrique, sa *base*, c'est-à-dire le prix correspondant au parcours d'un kilomètre, peut être constante quelle que soit la distance ; on dit alors que le tarif est *proportionnel*. Pour avoir le prix d'un parcours quelconque, il suffit de multiplier la distance par la base.

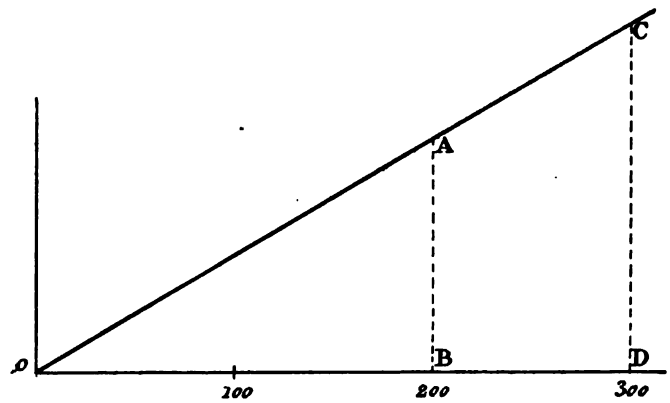


Fig. 653.

Si l'on représente graphiquement un semblable tarif, en prenant pour abscisses les distances et pour ordonnées les taxes (fig. 653), la ligne représentative des taxes totales est une ligne droite OA ; chacune des ordonnées AB, CD, etc. représente le prix correspondant à la distance OB, OD, etc.

Au contraire la base peut ne pas être constante, mais varier avec la distance ; on dit que le tarif est *différentiel*. Nous en avons vu un premier exemple dans la tarification des marchandises de la quatrième classe du cahier des charges.

On peut imaginer un grand nombre de systèmes de tarifs différentiels, puisqu'on peut trouver un grand nombre de manières de faire varier la base avec la distance. Mais il n'y en a qu'un petit nombre qui soient appliqués. Nous citerons les deux formes suivantes, qui sont les plus employées.

1° La base appliquée est différente suivant la distance totale du transport, mais elle s'applique à toute la longueur du parcours.

Par exemple, la base sera de :

0,08 fr. par kilomètre pour les transports dont la distance totale est inférieure à 100 kilomètres ;

0,05 fr. par kilomètre pour les transports dont la distance totale sera comprise entre 100 et 300 kilomètres ;

0,04 fr. par kilomètre pour les transports dont la distance totale sera supérieure à 300 kilomètres.

La taxe, ainsi calculée, sera :

à 80 kilomètres de	. . . . .	80 × 0,08 fr. = 6,40 fr.
à 120 —	. . . . .	120 × 0,05 — = 6 —
à 260 —	. . . . .	260 × 0,05 — = 13 —
à 320 —	. . . . .	320 × 0,04 — = 12,80 —

Si l'on représente graphiquement ce tarif, en prenant pour abscisses les

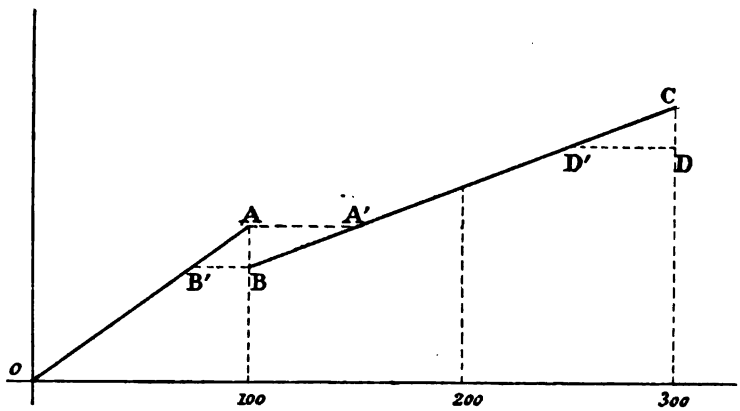


Fig. 654.

distances et pour ordonnées les taxes (fig. 654), la ligne représentative des taxes totales sera la ligne brisée OABC.

On voit immédiatement l'anomalie à laquelle conduit ce système, puisque la taxe d'un transport à 80 kilomètres est plus élevée qu'à 120 kilomètres ; de même la taxe serait plus élevée à 260 kilomètres qu'à 320.

On corrige cette anomalie par plusieurs procédés. Le plus souvent on stipule (c'est ce qui a été prévu pour les marchandises de la 4e classe du cahier des charges taxées au barème ci-dessus indiqué) que, dans chaque échelon de l'échelle des distances, le prix ne dépassera pas un maximum qui correspond à la plus courte distance de l'échelon supérieur. C'est ce qu'on a fait dans l'exemple précédent, où le maximum est de 5 francs dans le premier échelon et de 12 francs dans le second.

Ces maxima sont représentés sur la figure 654 par les lignes horizontales BB′ et DD′ correspondant respectivement aux prix de 5 francs et de 12 francs; on dit, dans ce cas, que le barème est à *paliers*.

Dans d'autres cas, on remplace la clause du maximum par celle du minimum, c'est-à-dire qu'on stipule que dans chaque échelon, la taxe ne sera pas inférieure à celle qui correspond à la distance la plus élevée de l'échelon précédent. Dans l'exemple précité cela reviendrait à admettre que la taxe des transports compris entre 100 et 300 kilomètres ne serait pas inférieure à 8 francs (soit 100 × 0,08 fr.) ou à tracer sur la figure 654 l'horizontale AA′ qui correspond à l'ordonnée représentant la taxe de 8 francs.

Quel que soit le procédé employé, il subsiste encore dans la tarification une anomalie, qui consiste à taxer au même prix des parcours notablement différents. Ainsi, dans le premier cas, la taxe serait constante entre 62 et 100 kilomètres, ainsi qu'entre 240 et 300 kilomètres. Dans le second cas, elle serait constante entre 100 et 160 kilomètres.

C'est là un inconvénient inhérent à tous les barèmes à paliers.

2° Une forme plus rationnelle et plus pratique des tarifs différentiels est celle des tarifs à base décroissante du *système belge*, ainsi nommés parce que c'est l'administration des chemins de fer de l'État belge qui les a employés la première.

Dans ce genre de tarifs la base s'abaisse progressivement dans chaque échelon, mais la taxe se calcule en appliquant les diverses bases correspondant à chacun de ces échelons.

Par exemple, la taxe pourra être calculée à raison de :

0,10 fr.	par kilomètre	jusqu'à 100 kilomètres;
0,08	—	en sus au delà de 100 kilomètres jusqu'à 200 kilomètres;
0,06	—	en sus au delà de 200 kilomètres jusqu'à 300 kilomètres;
0,05	—	en sus au delà de 300 kilomètres, etc.

La taxe sera ainsi :

Pour 60	kilomètres	60 × 0,10 = 6 fr.
— 120	—	(100 × 0,10) + (20 × 0,08) = 11,60 fr.
— 250	—	(100 × 0,10) + (100 × 08) + (50 × 0,06) = 21 fr.

Graphiquement, ce tarif est représenté par la figure 655, dans laquelle la

ligne brisée OABC figure les taxes totales correspondant à chaque distance.

On voit que les lignes OA, AB et BC se raccordant exactement, ce sys-

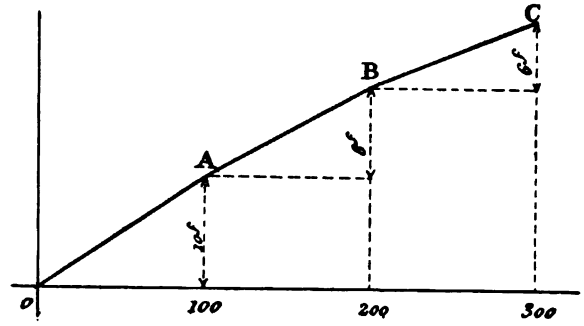


Fig. 655.

tème de tarif ne présente pas l'anomalie qui résultait de l'emploi du système précédent.

Les tarifs du système belge se développent de plus en plus dans les différents pays ; nous verrons plus loin qu'ils ont servi de base à la réforme de la tarification française.

Nous citerons également les *tarifs par zones* qui ne sont autre chose que des tarifs à paliers successifs (fig. 656), dans lesquels la taxe est constante dans chacune des zones comprenant un certain nombre de kilomètres.

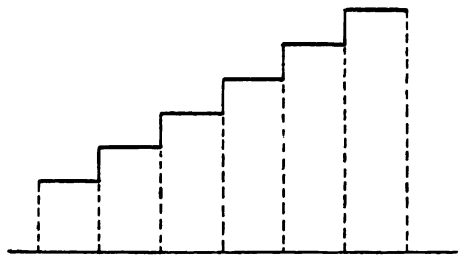


Fig. 656.

Nous verrons ultérieurement que les tarifs par zones ont été appliqués en Autriche, en Hongrie et dans divers autres pays.

Mentionnons enfin le système de la tarification par *prix fermes* ou prix tout faits de gare à gare. Ce système, qui a été longtemps en faveur sur les réseaux des compagnies françaises, a été l'objet de vives discussions. On lui reprochait, non sans raison, d'être le régime de l'arbitraire, en ce qu'il ne tenait, dans la plupart des cas, aucun compte de la distance et créait des inégalités choquantes entre les diverses régions au point de vue de la tarification. Ses partisans soutenaient au contraire que ce système seul se prêtait aux exigences du commerce et au développement des recettes des chemins de fer.

En fait, la tarification par prix fermes est de moins en moins employée, comme nous le verrons plus loin ; elle a d'ailleurs le grand inconvénient, indépendamment de toute considération d'équité dans le régime des tarifs, d'être une source de complications extrêmes dans l'application des taxes.

§ 2. — LA RÉFORME DES TARIFS

La tarification des chemins de fer français, établie sur les bases que nous avons exposées plus haut, a donné lieu à des polémiques ardentes, qui durent depuis fort longtemps et qui ont abouti à une refonte des tarifs dont nous allons maintenant parler.

Dès les premières années de l'existence des chemins de fer, des protestations très vives se sont élevées de tous les points de la France contre les *traités particuliers*, que les compagnies avaient cru pouvoir passer avec un ou plusieurs expéditeurs, en leur accordant certaines réductions sur les prix ordinaires, et contre les tarifs, dits d'*abonnement*, par lesquels elles consentaient également des réductions de prix à tous ceux qui s'engageaient à leur confier toutes les marchandises dont ils pouvaient disposer, à l'exclusion des autres modes de transport; ces deux combinaisons de tarifs ont été formellement interdites aux compagnies au moment de la revision des clauses de leurs contrats.

L'article 48 du nouveau cahier des charges, remanié en 1857, porte en effet ce qui suit :

« La perception des taxes devra se faire indistinctement et sans aucune faveur.

« Tout traité particulier, qui aurait pour effet d'accorder à un ou plusieurs expéditeurs une réduction sur les tarifs approuvés, demeure formellement interdit.

« Toutefois, cette disposition n'est pas applicable aux traités qui pourraient intervenir entre le gouvernement et la compagnie dans l'intérêt des services publics, ni aux réductions ou remises qui seraient accordées par la compagnie aux indigents. »

Cette prescription était très sage et conforme aux principes d'égalité qui régissent la société moderne.

De même, une décision ministérielle du 25 janvier 1860 est venue interdire les tarifs d'abonnement, comme portant atteinte au principe de la liberté du commerce et comme analogues aux traités particuliers.

On ne doit pas oublier, en effet, lorsqu'on étudie les questions de tarifs (et les compagnies de chemins de fer, organes de l'industrie privée, ne sont que trop disposées à l'oublier) que les concessionnaires de chemins de fer ne sont pas des commerçants ordinaires, libres de régler leurs prix d'après la loi de l'offre et de la demande, et que l'État, en leur concédant par un acte purement gracieux la faculté d'exploiter une ligne dont il reste le propriétaire, a le droit et le devoir de les contraindre à diriger leur exploitation au mieux de l'intérêt public, tout en respectant, bien entendu, les clauses des

contrats qu'il a passés avec eux. C'est donc avec raison que l'État a supprimé les traités particuliers et les tarifs d'abonnement, qui portaient atteinte à l'égalité et constituaient de véritables faveurs, capables de causer un préjudice considérable à la masse des expéditeurs, qui ne pouvaient pas remplir les conditions moyennant lesquelles ces tarifs étaient consentis.

Quelques années plus tard, en 1863, une Commission d'enquête nommée par le gouvernement demandait par l'organe de son rapporteur, M. Michel Chevalier, d'importantes modifications dans les tarifs de voyageurs et de marchandises.

En 1871, une nouvelle enquête fut commencée ; elle dura quatre ans et signala de nombreuses inégalités produites par les tarifs spéciaux et différentiels, entre les producteurs et les consommateurs des localités différentes.

La question fut reprise en 1876, au moment où les Chambres furent appelées à décider du système d'exploitation des lignes rachetées par l'État; les deux documents les plus complets dans lesquels elle a été traitée sont, d'une part, le rapport présenté le 13 décembre 1878 par M. George, sénateur, au nom de la Commission d'enquête du Sénat, et celui de M. Richard Waddington, rédigé le 7 mai 1880, au nom de la Commission des 33 de la Chambre des députés[1]. Ces rapports n'ont pas été suivis de discussions dans les Chambres ; ils n'en sont pas moins très importants à connaître, parce qu'ils résument les doléances de l'opinion publique de cette époque sur la question des tarifs.

Le rapport de M. George, après avoir constaté que les tarifs en vigueur étaient trop compliqués et établissaient de nombreuses inégalités, concluait de la manière suivante :

I. — En ce qui concerne les tarifs légaux à insérer dans le cahier des charges des concessions à intervenir ;

Remplacer les différents systèmes de tarifs, qui se trouvent dans les cahiers des charges actuels, par un seul mode de tarifs, analogue à ce qu'on nomme le tarif belge, c'est-à-dire un tarif à bases constantes et décroissantes, à mesure que la distance du parcours augmente.

II. — En ce qui concerne les tarifs généraux qui seront désormais soumis à l'homologation ;

Exiger d'abord que les bases et les formules d'application des taxes soient explicitement indiquées dans l'article 3 des conditions générales de chaque tarif ; puis veiller : 1° à ce que les marchandises soient désignées sous la même dénomination et réparties d'une manière uniforme en un même nombre de séries ; 2° à ce que le prix kilométrique de chaque série soit, autant que possible, le même sur l'ensemble des grands réseaux ; 3° à ce que les taxes soient établies suivant les mêmes tarifs à la distance, à bases constantes, et en ne tenant compte que des distances réelles.

[1] L. Aucoc. *Ouvrage cité*, t. III.

III. — En ce qui touche les tarifs réduits connus sous le nom de tarifs spéciaux, tarifs communs, tarifs internationaux[1], tarifs de transit et tarifs d'exploitation ;

Soumettre à un nouvel examen les tarifs de ce genre, actuellement en vigueur ; supprimer tous ceux que rendrait inutiles l'application des réformes proposées aux tarifs généraux et ceux qui, n'ayant pour but que l'intérêt particulier des compagnies, seraient contraires, soit à l'intérêt du Trésor, soit à l'intérêt général, soit au respect des intérêts particuliers, entre lesquels l'Etat doit maintenir égalité de traitement et impartiale protection[2].

Le rapport de M. Waddington insistait encore plus vivement que le précédent sur les inégalités résultant des tarifs spéciaux, ainsi que sur le défaut d'uniformité des tarifs généraux. Il s'exprimait à ce sujet de la manière suivante[3] :

« Les quatre classes inscrites aux cahiers des charges ont été remplacées dans le tarif général par des séries, dont le nombre varie avec chaque réseau ; les différents produits répartis ainsi d'une façon inégale, par suite du nombre plus ou moins grand des séries, ne sont pas classés de la même façon. Tel produit, taxé comme appartenant à la première série sur le Paris-Lyon, figurera à la troisième série sur l'Ouest et à la quatrième au Nord ou à l'Est. Souvent, pour l'échange du trafic entre les réseaux, les compagnies ont adopté une espèce de tarif général avec des séries nouvelles qui ne coïncident ni avec l'une ni avec l'autre des classifications dont elles se servent dans l'intérieur de leur réseau. De là vient que les compagnies, à l'exception de la compagnie de l'Est, ont adopté pour le calcul de leur tarif général des bases qu'elles se gardent bien de révéler au public, qu'elles ignorent peut-être elles-mêmes ; tantôt constantes, tantôt différentielles, les taxes croissent plus ou moins rapidement, selon les distances à parcourir ; tantôt, grâce aux distances d'application substituées aux distances réelles, la décroissance du tarif kilométrique est rapide, presque instantanée ; tantôt, au contraire, cette diminution est lente, progressive. »

En ce qui concerne les tarifs spéciaux, M. Waddington faisait remarquer qu'ils étaient établis d'après des vues purement commerciales, suivant la loi de l'offre et de la demande, selon les concurrences, le seul objectif des compagnies étant de demander à la marchandise tout ce qu'elle pouvait payer.

« S'agissait-il d'une région desservie par un canal ou par un fleuve, ou même par des chemins de fer d'intérêt local ou secondaires, de ports reliés par un service maritime, les compagnies ont présenté à l'homologation un tarif établi de manière à permettre la lutte et destiné le plus souvent à amener la ruine du concurrent ; s'agissait-il, au contraire, d'un département moins favorisé, où le monopole du trafic local était assuré à la compagnie intéressée, une réduction des taxes était jugée inutile et l'application des prix du tarif général suffisait largement à tous les besoins de la région.

« Les effets pratiques de cette règle, proclamée et défendue par les grandes compagnies, se chiffrent par des inégalités choquantes dans les frais de transport. Les tarifs spéciaux de toute nature ont pour résultat de favoriser tel port, telle industrie, tel centre producteur, quelquefois tel manufacturier, nécessairement aux dépens d'autres localités, d'autres régions. Souvent, le producteur étranger est favorisé aux dépens de son concurrent français. »

[1] On appelle ainsi les tarifs directs, s'appliquant dans les deux sens aux relations entre les réseaux français et étrangers.

[2] A. Picard. *Les Chemins de Fer français*, t. III.

[3] *Journal officiel* du 1er août 1880.

M. Waddington faisait remarquer, en outre, que le nombre des tarifs spéciaux était tout à fait excessif; il en avait relevé 1854 dans le *Recueil Chaix*, savoir :

	1 063	tarifs spéciaux intérieurs ;
	456	— — communs ;
	33	— d'exportation ;
	302	— internationaux.
Au total . . .	1 854	tarifs spéciaux.

Il terminait en formulant les conclusions suivantes :

« Votre commission attire l'attention du gouverment sur les réformes que réclame l'opinion publique et vous rappelle qu'elles portent sur les objectifs suivants :

« 1° Amélioration des conditions de transport des voyageurs et notamment de ceux de la troisième classe ;

« 2° Revision des tarifs de grande vitesse en ce qui concerne les messageries et les transports de valeurs ;

« 3° Classification uniforme des marchandises pour tout le réseau français ;

« 4° Etablissement d'un tarif général sur des bases identiques pour tout le territoire ; division de ce tarif en séries, dont les premières seraient tarifées à une taxe kilométrique uniforme et proportionnelle à la distance, et dont les autres auraient à acquitter des taxes à bases décroissantes, selon la distance parcourue ;

« 5° Réduction des prix du tarif général pour les transports à effectuer par wagons complets ;

« 6° Adoption de la voie la plus courte, sans distinction de réseau, pour le calcul des distances ;

« 7° Revision par l'Etat des tarifs spéciaux de toute nature actuellement en vigueur ; réduction du nombre de ces tarifs ;

« 8° Suppression, dans les tarifs spéciaux maintenus, de la clause par laquelle l'expéditeur est tenu de réclamer l'application du tarif auquel doit être transportée sa marchandise ;

« 9° Insertion, dans la lettre de voiture ou le récépissé, d'une clause de retenue, pour le cas où les délais de livraison stipulés par la compagnie expéditrice seraient dépassés. »

On voit qu'en définitive les griefs formulés à cette époque contre les tarifs des chemins de fer français pouvaient se résumer de la manière suivante : ils sont trop compliqués et ils établissent de nombreuses inégalités entre les différentes parties du territoire.

Voyons dans quelle mesure il a été tenu compte de ces critiques.

Un premier pas a été fait dans la voie des réformes, en 1879, sur les instances de l'administration des travaux publics : en effet, à la suite des réclamations nombreuses portées devant les Chambres et des enquêtes parlementaires et administratives auxquelles elles avaient donné lieu, l'attention des compagnies avait été appelée sur certaines modifications à introduire dans le système de tarification en vigueur et sur la nécessité d'apporter l'uniformité, la simplicité et la clarté dans une organisation qui s'était faite progressivement, sans plan d'ensemble, pour répondre à des besoins successifs, au fur et à mesure qu'ils se révélaient.

Les grandes compagnies ont donc entrepris tout d'abord la revision de la classification des marchandises et se sont mises d'accord pour proposer en 1878 une répartition en six séries, qui a été adoptée, en principe, par une décision ministérielle du 17 avril 1879.

Jusqu'à cette époque, les tarifs généraux des diverses compagnies n'avaient pas d'autre point commun que l'assimilation de 1500 marchandises aux 72 marchandises-types, formant les quatre classes du cahier des charges. Mais les compagnies ayant été laissées libres, pour l'application des prix, de diviser les marchandises en séries plus ou moins nombreuses, avaient adopté la répartition suivante :

Orléans	4 séries
Est et Midi	5 —
Ouest	6 —
Nord et P.-L.-M	7 —

La classification du 17 avril 1879 a fait disparaître cette diversité. Désormais, sur tous les réseaux, les marchandises sont réparties *uniformément en* 6 *séries* et figurent dans la classification de chacune des compagnies, non seulement sous des dénominations identiques, mais encore avec le *même numéro de série*.

En outre, au mois de juillet 1880, les compagnies ont soumis à l'homologation un projet de tarif général commun pour le transport à petite vitesse des marchandises de toute nature, expédiées d'une gare quelconque d'un réseau à une autre gare quelconque d'un autre réseau. Les prix de ce tarif comprenaient les droits de transmission dans les gares de jonction des réseaux et faisaient disparaître les relèvements de taxes kilométriques auxquelles donnaient lieu les soudures, au passage d'un réseau à l'autre ; ils supprimaient en même temps les surtaxes attribuées au chemin de fer de Ceinture de Paris.

Cette réforme paraissait donc excellente, en principe ; elle assurait pour les six grands réseaux, — considérés, au point de vue des taxes, comme n'en faisant plus qu'un seul, — tous les avantages de simplification et d'unité si désirables en matière de tarifs généraux, savoir :

Identité dans la dénomination des marchandises ;

Identité dans la répartition de ces marchandises en six séries ;

Identité dans les taxes à percevoir pour chaque série.

Les compagnies s'étaient d'ailleurs conformées, dans la préparation de ce tarif général commun, aux recommandations qui leur avaient été adressées à la suite de l'enquête sénatoriale de 1877 et du rapport de M. George, savoir :

1° Indication explicite, en tête du tarif, des bases de toute nature et des formules d'après lesquelles les taxes étaient calculées ;

2° Adoption du système de tarification connu sous le nom de *tarif belge*, dans lequel la base kilométrique, constante sur une étendue limitée, décroît successivement avec la distance ;

3° Emploi des distances *réelles* ou *légales*, à l'exclusion de toute *distance d'application facultative*.

Les prix d'application de ce tarif étaient les suivants :

BASES INITIALES par tonne et par kilomètre.	DIMINUTION DES PRIX AVEC LA DISTANCE
fr. 1re série. 0,16 } jusqu'à 350 km. 2e — 0,14 } 3e — 0,12 } 4e — 0,10 } jusqu'à 300 km. 5e — 0,09 } 6e — 0,08 jusqu'à 40 km.	Au delà de 350 kilomètres pour les 2 premières séries, de 300 kilomètres pour les séries 3, 4 et 5. les prix diminuent de 1 centime par chaque zone de 100 kilomètres jusqu'aux minima respectifs de . . . . . fr. 0,07 / 0,06 qui deviennent les bases kilométriques constantes pour les parcours supérieurs. 0,05 / 0,04 / 0,03
	La base initiale de la 6e série descend à 0,04 fr. entre 41 et 200 kilomètres et à 0,03 fr. invariablement pour tous parcours supérieurs à 200 kilomètres.

Malheureusement, lorsque ce projet fut soumis à l'instruction réglementaire, c'est-à-dire communiqué aux Chambres de commerce, aux fonctionnaires du contrôle et au comité consultatif des chemins de fer, on s'aperçut que non seulement le tarif proposé apportait une proportion excessive de relèvements, par rapport aux tarifs en vigueur, mais encore qu'il comportait des taxes *dépassant le maximum légal*.

La circulaire ministérielle, adressée le 2 novembre 1881 aux administrateurs des compagnies, circulaire à laquelle nous empruntons tous ces renseignements, reproduit dans les termes suivants les observations formulées par le comité consultatif des chemins de fer au sujet de la tarification proposée :

« L'unification et la simplification que réclame à juste titre le commerce ne seraient pas suffisamment réalisées, si le nouveau tarif général ne s'appliquait point aux relations intérieures des divers réseaux, aussi bien qu'aux relations de réseau à réseau. Il est absolument nécessaire que ce tarif soit, tout à la fois, un *tarif général commun* et un *tarif général intérieur* pour tous les réseaux, de telle sorte que, dans le calcul des taxes, le public n'ait pas à se préoccuper de la répartition conventionnelle des lignes entre les diverses compagnies concessionnaires ou administations exploitantes, et que l'ensemble des chemins de fer français constitue, à ce point de vue, un seul et unique réseau [1]. Une exception à

[1] C'est la première fois, croyons-nous, que dans un document officiel, on insiste d'une manière aussi nette sur la nécessité de supprimer pour le public les inconvénients qui résultent de la division des chemins de fer français en réseaux séparés, administrés d'une manière distincte.

cette règle serait faite toutefois pour la ligne de Bordeaux à Cette (Midi), dont les tarifs, beaucoup plus bas que ceux des autres lignes, subiraient un relèvement exagéré, et au profit de laquelle un tarif particulier devra, par suite, être substitué au nouveau tarif général.

« L'examen des diagrammes, représentant les écarts entre les taxes actuelles et celles qui résulteraient du tarif général proposé par les compagnies révèle : — en ce qui concerne les relations de réseau à réseau, *des relèvements notables pour la plupart des marchandises des séries supérieures*, c'est-à-dire pour celles auxquelles s'appliquent surtout les tarifs généraux ; — en ce qui concerne les relations intérieures, c'est-à-dire les relations les plus importantes, *des relèvements beaucoup plus frappants encore pour la plupart des marchandises*, surtout à la distance moyenne des transports et aux distances inférieures.

« L'unification des tarifs ne peut être achetée au prix d'une augmentation des taxes, dont le public poursuit, au contraire, l'abaissement. Il est donc nécessaire de reviser les propositions des compagnies et notamment de réduire les bases initiales et leur longueur d'application.

« En tout état de cause, le tarif proposé pour la sixième série est inadmissible pour les relations intérieures, *attendu qu'il dépasse le maximum légal, vers les distances de* 100 *et de* 300 *kilomètres*.

« Il serait impossible de se rendre compte, dès aujourd'hui, des résultats de la nouvelle tarification pour toutes les marchandises. Il faut donc conserver à la sérification de 1879 son caractère provisoire, afin de pouvoir réaliser ultérieurement les quelques abaissements de série dont l'expérience démontrerait la nécessité.

« Les compagnies n'ont pas prévu la participation de l'administration des chemins de fer de l'Etat au bénéfice du nouveau tarif général. *Cette participation est indispensable pour tous les chemins de fer exploités par l'Etat ou à son compte*. Elle paraît devoir être accordée aussi à la compagnie des Dombes, qui l'a formellement demandée, et dont le réseau a une étendue et une consistance suffisante pour justifier cette mesure. Toutes réserves doivent être faites pour l'accession ultérieure et éventuelle d'autres réseaux au concert établi entre les grandes compagnies. »

Le ministre des Travaux publics a donc demandé aux compagnies un remaniement complet de leurs propositions d'après les bases indiquées ci-dessus et il a insisté en même temps, de la manière suivante, sur la nécessité de reviser également les tarifs spéciaux :

« L'œuvre de réforme de nos chemins de fer, a-t-il dit, serait incomplète si elle se bornait à celle des tarifs généraux. Ceux-ci ne correspondent, en effet, qu'à la moitié environ du nombre total des expéditions et à un chiffre inférieur au quart du total des recettes par tous tarifs.

« Les tarifs spéciaux ou conditionnels, dont le nombre est aujourd'hui de plus de 1 000, donnent particulièrement satisfaction aux besoins du commerce et de l'industrie, et l'importance de leur rôle se mesure par ce double fait que, d'une part, le jeu de ces tarifs correspond à une proportion voisine des 4/5 de la recette totale par tous tarifs, et, d'autre part, qu'ils ont permis d'abaisser au-dessous de 6 centimes par tonne et par kilomètre la moyenne des taxes perçues. Ils ont été l'objet, vous ne l'ignorez pas, des plus vives réclamations, qui ont retenti dans les enquêtes de toute nature de ces dernières années et dans les débats parlementaires.

« Sans qu'il y ait lieu d'insister, en ce moment, sur ces critiques, j'estime que la réforme des tarifs spéciaux doit suivre immédiatement celles des tarifs généraux. »

Les compagnies se mirent donc de nouveau à l'œuvre en vue de remanier, d'accord avec les représentants du ministère des Travaux publics, les

propositions qu'elles avaient présentées. En attendant que la revision fût faite, on mit en application sur le réseau de l'État, au mois de novembre 1880, un tarif intérieur très simplifié et à taxes très réduites qui devait, en quelque sorte, servir de modèle aux tarifs des autres grands réseaux.

La simplification et l'unité, si désirables dans les tarifs généraux, n'étaient donc pas réalisées, par suite des prétentions inadmissibles des compagnies.

La question entra dans une nouvelle phase au moment de la conclusion des conventions de 1883. A ces conventions étaient, en effet, annexées des lettres, adressées par chacune des compagnies au ministre des Travaux publics, et dans lesquelles elles s'engageaient à réaliser un certain nombre d'améliorations dans leur système de tarification.

C'est d'après les bases indiquées dans les lettres dont il s'agit et en tenant compte, dans une certaine mesure, des recommandations contenues dans la circulaire ministérielle du 2 novembre 1881 que les grandes compagnies ont successivement présenté à l'homologation les tarifs de réforme qui sont actuellement en vigueur. Le premier tarif homologué a été celui de l'Est (1884) ; les autres ont suivi jusqu'en 1890, date de l'approbation du tarif du Midi.

Plus récemment, la loi de finances du 26 janvier 1892, qui a réduit l'impôt sur le transport des voyageurs, a supprimé complètement cet impôt en ce qui concerne les transports en grande vitesse des messageries, denrées et bestiaux.

La classification générale des marchandises en 1879 a elle-même été revisée pour faire disparaître certaines différences qui subsistaient encore entre les classifications de certains réseaux. Actuellement la classification générale en vigueur sur tous les réseaux est en date du 1er septembre 1902. Elle a été homologuée le 24 décembre 1901. Elle donne la liste alphabétique des marchandises avec l'indication, en regard, de la classe correspondante du cahier des charges, ainsi que de la série du tarif général qui s'applique à ladite marchandise.

Il existe, en outre, une table générale alphabétique des marchandises telles qu'elles sont désignées par le commerce avec, en regard, les désignations correspondantes de la classification générale du 1er septembre 1902, l'indication de la série du tarif général et celle des tarifs spéciaux dans lesquels ces marchandises sont susceptibles de figurer.

L'existence de cette table facilite beaucoup les recherches relatives à la tarification.

Signalons enfin que les conditions applicables aux tarifs spéciaux qui étaient autrefois insérées dans chacun de ces tarifs et qui présentaient une grande variété, ont été, au moins en partie, uniformisées et réunies dans

un document spécial qui donne les *conditions générales d'application* des tarifs spéciaux.

Telle est, dans ses termes généraux, l'histoire de la réforme des tarifs français ; il nous reste à faire connaître maintenant en quoi consiste le système actuellement en vigueur.

Les nouveaux tarifs homologués des divers réseaux. — Il est hors de doute que les nouveaux tarifs valent mieux que les anciens et que leur application a réalisé une importante amélioration, tant au point de vue de la simplification et de la clarté qu'à celui de l'abaissement des taxes ; toutefois, les excellents principes posés par la circulaire du 2 novembre 1881 n'ont pas été entièrement suivis, de sorte que le public ne possède pas encore ce tarif, qui devrait être à la fois *tarif général commun* et *tarif général intérieur* et lui permettre d'expédier les marchandises d'une gare quelconque d'un réseau à une autre gare quelconque d'un autre réseau, sans avoir à se préoccuper des transmissions qu'exige le passage d'un réseau à l'autre. La réforme des tarifs généraux s'est bornée, en somme, à l'adoption d'une classification des marchandises identique pour tous les réseaux et de barèmes à bases décroissantes de la forme belge pour la taxation de ces marchandises, rangées dans les six séries identiques du tarif général. Quant à la réforme des tarifs spéciaux, beaucoup plus intéressante en fait que celle des tarifs généraux, puisque la grande majorité des transports est taxée aux prix des tarifs spéciaux, elle a consisté surtout à en réduire le nombre, à adopter des numéros identiques pour les tarifs applicables aux mêmes marchandises, à y introduire des barèmes également à bases décroissantes du système belge et à réduire beaucoup le nombre des prix fermes, qui constituaient autrefois la base même de la tarification française.

Nous résumons ci-dessous les dispositions les plus intéressantes concernant les nouveaux tarifs approuvés

GRANDE VITESSE

I. — Tarifs généraux

Ainsi que nous l'avons déjà fait connaître, les tarifs de voyageurs sont, sur les réseaux des grandes compagnies, fixés aux prix suivants, depuis le dégrèvement de l'impôt sur la grande vitesse.

1re classe	0,112 fr.	par kilomètre (impôt compris).
2e —	0,0756 fr.	
3e —	0,04928 fr.	

Sur le réseau de l'État les prix adoptés sont les mêmes, sauf en ce qui concerne la première classe, qui est taxée à 0,10192 fr. par kilomètre (impôt compris).

Les prix applicables aux voyages en trains express ou rapides sont, sur tous les réseaux, les mêmes que pour les trains omnibus, à l'inverse de ce qui se passe à l'étranger, où les billets pour trains express sont généralement frappés d'une surtaxe. Mais en réalité, on peut dire qu'en France les voyages en trains express ou rapides coûtent plus cher qu'en train omnibus, attendu que les trains rapides ne comportent généralement que des voitures de première classe et les trains express que des voitures de première et de deuxième classe. Cependant, depuis quelques années, certaines compagnies admettent dans quelques express les voyageurs de troisième classe à longs parcours.

Sur le réseau de l'État seul, tous les trains, quels qu'ils soient, omnibus, express ou rapides, comportent les trois classes de voyageurs. Une seule restriction est apportée à l'usage de ces trains, c'est, pour les voyageurs de deuxième et de troisième classe, l'obligation de faire un trajet de 100 kilomètres au moins.

Sur l'ensemble des réseaux français, tout voyageur dont le bagage ne pèse pas plus de 30 kilogrammes n'a à payer, pour le transport de ce bagage, aucun supplément du prix de sa place. Cette franchise ne s'applique pas aux enfants transportés gratuitement (enfants au-dessous de trois ans) ; elle est réduite à 20 kilogrammes pour les enfants transportés à moitié prix (enfants de trois à sept ans).

Les excédents de bagages sont taxés comme il suit :

De 0 à 40 kilogrammes inclus, par tonne et par kilomètre[1].	0,50 fr.	impôt compris.
Au-dessus de 40 kilogrammes —	0,40 —	

En aucun cas, la taxe d'un excédent compris entre 0 et 40 kilogrammes ne peut être supérieure à celle d'un excédent de plus de 40 kilogrammes.

Les articles de messageries et marchandises en grande vitesse sont taxés sans distinction de nature d'après les bases suivantes :

1° Expéditions d'un poids ne dépassant pas 40 kilogrammes[1].

Jusqu'à	200 kilomètres	0,35 fr.	Par tonne et par kilomètre,
Pour chaque kilomètre en excédent au delà de	200 jusqu'à 300 —	0,32 —	
	300 — 400 —	0,31 —	
	400 — 800 —	0,30 —	
	800 — 1 000 —	0,28 —	
	1 000 kilomètres.	0,25 —	

En aucun cas, la taxe ne pourra être supérieure à celle d'une expédition pesant plus de 40 kilogrammes.

[1] Arrêté ministériel du 24 mars 1898 (tarif exceptionnel).

2° Expéditions d'un poids supérieur à 40 kilogrammes.

Jusqu'à			100 kilomètres	0,32 fr.	Par tonne et par kilomètre.
Pour chaque kilomètre en excédent au delà de	100	jusqu'à	300	— 0,30 —	
	300	—	500	— 0,28 —	
	500	—	600	— 0,26 —	
	600	—	700	— 0,24 —	
	700	—	800	— 0,22 —	
	800	—	900	— 0,20 —	
	900	—	1 000	— 0,18 —	
	1 000	—	1 100	— 0,16 —	
	1 100 kilomètres			0,14 —	

Enfin les denrées sont taxées aux prix indiqués ci-dessus pour la messagerie quand le poids des expéditions ne dépasse pas 40 kilogrammes.

Pour les expéditions d'un poids supérieur à 40 kilogrammes, on applique le barème ci-dessous, dont les bases sont sensiblement inférieures à celles de la messagerie :

Jusqu'à			100 kilomètres	0,24 fr.	Par tonne et par kilomètre.
Pour chaque kilomètre en excédent au delà de	100	jusqu'à	300	— 0,225 —	
	300	—	500	— 0,21 —	
	500	—	600	— 0,195 —	
	600	—	700	— 0,18 —	
	700	—	800	— 0,165 —	
	800	—	900	— 0,15 —	
	900	—	1 000	— 0,135 —	
	1 000	—	1 100	— 0,12 —	
	1 100 kilomètres			0,105 —	

Les barèmes ci-dessus indiqués font ressortir, par rapport aux prix appliqués antérieurement à 1892, une réduction, impossible à chiffrer en raison de la variété des tarifs anciens, mais qui est certainement considérable et qui a eu une influence très grande sur le développement des recettes des chemins de fer pour la grande vitesse.

Le produit des recettes de la grande vitesse (non compris les voyageurs), c'est-à-dire des excédents de bagages, des messageries, denrées, animaux, etc., qui s'élevait pour les chemins de fer d'intérêt général à 93 millions en 1891, est passé au chiffre de plus de 107 millions en 1893 ; en 1894, il atteignait 113 millions. En 1904, il a été de 179 millions.

Nous ajouterons que, sur le réseau de l'État seul, les prix à percevoir pour le transport des voyageurs sont calculés sans tenir compte d'aucun minimum de distance. Sur les autres réseaux, on applique un minimum de parcours de 6 kilomètres, sauf sur le Nord et le P.-L.-M., où ce minimum a été abaissé à 3 kilomètres.

En ce qui concerne les transports qui font l'objet du *tarif exceptionnel*

(art. 4) du cahier des charges, leurs prix ont été fixés ainsi qu'il suit par arrêté ministériel du 24 mars 1898:

1° *Marchandises ne pesant pas* 200 *kilogrammes sous le volume d'un mètre cube.*

Les denrées et objets qui ne sont pas nommément énoncés dans le tarif du cahier des charges, et qui ne pèseraient pas 200 kilogrammes sous le volume d'un mètre cube, sont taxés moitié en sus des prix fixés par le tarif général, sans que, dans aucun cas, la taxe à percevoir puisse être supérieure à celle qui résulterait de l'application du tarif simple au poids fictif calculé à raison de 200 kilogrammes par mètre cube.

Dans le cas où ces denrées et objets sont dénommés dans un tarif spécial, les prix de ce tarif sont applicables sans surtaxe, à moins d'indication contraire expressément formulée.

La surtaxe n'est d'ailleurs pas applicable aux colis de 0 à 40 kilogrammes, qui sont taxés aux prix indiqués au § 5 ci-après.

Les marchandises susceptibles d'être taxées moitié en sus figurent avec un astérisque dans la classification générale des marchandises de petite vitesse.

2° *Matières inflammables ou explosibles. Animaux dangereux.*

Les animaux dangereux sont exclus des trains de voyageurs et le tarif de la grande vitesse ne leur est pas applicable.

Quant aux matières inflammables ou explosibles, elles ont été classées par un arrêté ministériel du 12 novembre 1897 en six catégories et les prix qui leur sont applicables sont fixés par cet arrêté. Elles sont d'ailleurs rarement transportées en grande vitesse.

3° *Animaux dont la valeur déclarée excède* 5 000 *francs.*

Ils sont taxés moitié en sus du prix fixé par le tarif général pour les animaux de la même espèce.

Si la déclaration d'expédition ne mentionne pas une valeur supérieure à 5 000 francs, on n'applique pas la majoration, mais la responsabilité des transporteurs, en cas d'accident, reste limitée à 5 000 francs.

4° *Finances, valeurs, objets d'art.*

Le prix à percevoir pour le transport de l'or et de l'argent, soit en lingots, soit monnayés ou travaillés, du plaqué d'or ou d'argent, du mercure et du platine, ainsi que des bijoux, broderies, dentelles, pierres précieuses, objets d'art, statues, tableaux, bronzes d'art et autres valeurs est fixé *ad valorem* et à raison de :

0,00252 fr. par fraction indivisible de 1 000 francs et par kilomètre, impôt compris.

Quelle que soit la distance parcourue, le minimum de perception par 1 000 francs est fixé à 0,25 fr. sans que la taxe par expédition puisse être inférieure à 0,40 fr.

La taxe des divers articles compris dans l'énumération qui précède ne sera, dans aucun cas, inférieure à la plus forte des deux taxes qui pourrait être appliquée, soit d'après la valeur déclarée et en conformité du tarif ci-dessus, soit d'après le poids constaté et en conformité du tarif général des articles de messagerie et marchandises à grande vitesse.

Les monnaies de billon sont considérées comme marchandises et taxées d'après leur poids.

5° *Colis et excédents de bagages de* 40 *kilogrammes et au-dessous.*

La taxe a été indiquée plus haut.

Les prix applicables aux voitures de luxe figurent dans les tarifs spéciaux (G. V. n° 4) des divers réseaux.

Quant aux masses indivisibles et objets de dimensions exceptionnelles, leur tarification en grande vitesse est réglée comme il suit sur tous les réseaux.

Art. 23 (des tarifs généraux G. V.) — Les prix du tarif sont augmentés de moitié pour les masses indivisibles pesant de 3 000 à 5 000 kilogrammes, et portés au double pour les masses indivisibles pesant plus de 5 000 kilogrammes, mais ne dépassant pas 8 000 kilogrammes.

Les compagnies n'acceptent pas le transport des masses indivisibles pesant plus de 8 000 kilogrammes, ni des objets dont les dimensions excèdent celles du matériel.

Si, nonobstant la disposition qui précède, les compagnies transportent des masses indivisibles pesant plus de 8 000 kilogrammes ou des objets dont les dimensions excèdent celles du matériel, elles devront, pendant trois mois au moins, accorder les mêmes facilités à tous ceux qui en feraient la demande.

Dans ce cas, les prix de transport seront fixés par l'Administration supérieure sur la proposition des compagnies.

Dans toutes les gares d'expédition ou de destination où il n'existe pas de grues ou de treuils de force suffisante pour le chargement ou le déchargement des masses indivisibles pesant plus de 5 000 kilogrammes, le chargement et le déchargement en seront faits par les soins et aux frais, risques et périls de l'expéditeur et du destinataire.

En ce qui concerne le transport des chiens dans les trains de voyageurs, le prix à percevoir est fixé uniformément à 0,0168 par tête, impôt compris.

D'après l'art. 62 du décret du 1er mars 1901 (modifiant l'ordonnance de 1846), aucun animal ne doit être admis dans les voitures servant au transport des voyageurs. Toutefois les compagnies peuvent placer dans des compartiments spéciaux les voyageurs qui ne veulent pas se séparer de leurs chiens, pourvu que ces animaux soient muselés, en quelque saison que ce soit. En outre des exceptions peuvent être autorisées pour les animaux de petite taille convenablement enfermés.

En fait, d'après la pratique suivie sur la plupart des réseaux, les petits chiens, dits chiens d'appartement, sont habituellement admis dans les compartiments à la condition qu'ils soient rentermés dans des paniers et que les voyageurs du compartiment donnent leur consentement unanime.

II. — Tarifs spéciaux

Les différents tarifs sont numérotés de la même manière sur tous les réseaux et s'appliquent, en général, à la même nature de voyages ou de transports, comme le montre la liste ci-dessous qui reproduit les numéros et les titres des tarifs spéciaux G. V. des sept grands réseaux.

1. Billets simples. — 2. Billets d'aller et retour. — 3. Cartes d'abonnement. — 4. Places de luxe. Trains spéciaux. — 5. Billets circulaires et d'excursion. — 6. Billets de bains de

mer et de stations thermales. — 7. Emigrants. — 8. Sociétés. — 9 (spécial au réseau de l'Etat). Transport des voyageurs de ou pour Paris. — 10. Cirques-Ménageries. — 11. Animaux vivants. — 12. Chevaux de courses. — 14. Denrées. — 15. Finances et valeurs. — 16. Emballages vides en retour. — 17 (spécial au réseau de l'Etat.) Messageries, denrées, etc., pour Paris. — 19. Animaux et objets admis aux expositions. — 20. Passage en douane. — 21. Transports en wagons spéciaux appartenant à des particuliers. — 30. Exportation.

Il existe, en outre, un assez grand nombre de tarifs *communs* à plusieurs réseaux pour le transport des voyageurs ou des marchandises. Ces tarifs, dont le développement est encouragé depuis longtemps par l'administration supérieure, présentent pour le public le grand avantage d'éviter les transmissions et les réexpéditions aux points de transit de réseau à réseau.

Au premier rang des tarifs spéciaux de grande vitesse figurent ceux qui s'appliquent aux billets d'aller et retour à prix réduits. (Tarifs G. V. n° 2).

L'administration des chemins de fer de l'État est la première qui ait appliqué ces billets d'une façon tout à fait libérale pour le public ; dès les premières années de sa formation, il a été délivré en effet, de toutes les gares, stations et haltes de ce réseau et pour tous les parcours, des billets d'aller et retour avec réduction de 40 p. 100 sur le double prix des billets simples. A cette époque et pendant fort longtemps encore depuis, la délivrance des billets d'aller et retour était soumise à des restrictions très nombreuses sur les réseaux des compagnies.

Elles délivraient des billets de cette nature entre Paris et toutes les gares de leurs réseaux ; elles en accordaient également pour les autres stations dans certaines conditions de distances prévues aux tarifs spéciaux. C'est ainsi que, sur le P.-L.-M., il existait des billets d'aller et retour :

De ou pour Paris, dans un rayon de 600 kilomètres ;

De ou pour Lyon et Marseille, dans un rayon de 250 kilomètres ;

De ou pour 47 gares, comprenant tous les chefs-lieux de département du réseau, dans un rayon de 150 kilomètres ;

De ou pour 115 gares, comprenant tous les chefs-lieux d'arrondissement, dans un rayon de 75 kilomètres.

La formule était encore plus complexe sur le réseau de l'Ouest.

La réduction de prix accordée était généralement de 25 p. 100 sur le double du prix des billets simples. Quant à la durée de validité de ces billets, elle variait suivant la distance.

A la suite du dégrèvement de l'impôt sur la grande vitesse en 1892, on a été amené, sur le réseau de l'État, dont les tarifs étaient inférieurs à ceux des compagnies, à remanier les taxes des billets d'aller et retour pour ne pas se trouver exposé à enfreindre les prescriptions des conventions de 1883 relatives

au partage du trafic de certaines lignes, de sorte qu'actuellement, le tarif de ce réseau se présente dans les conditions suivantes :

Entre deux gares quelconques du réseau, autres que Paris, les prix sont calculés avec les réductions ci-après sur les prix doublés des billets simples :

Jusqu'à 100 kilomètres, réduction de 30 p. 100 ;

De 101 à 300 kilomètres, réduction croissant d'une manière continue de 30 à 40 p. 100, à raison de 1 p. 100 par 20 kilomètres ;

A 300 et au delà, réduction de 40 p. 100.

Quant aux délais de validité, ils sont :

De 3 jours, jusqu'à 100 kilomètres ;
— 4 — — 200 —
— 5 — — 300 —

et ainsi de suite, avec une augmentation de vingt-quatre heures par 100 kilomètres ou portion de 100 kilomètres.

En ce qui concerne les relations avec Paris, les réductions sont moindres, en raison des sujétions des conventions de 1883, qui obligent le réseau de l'État à emprunter les rails des compagnies de l'Ouest et d'Orléans pour conduire ses trains jusqu'à Paris.

Sur les réseaux des compagnies les réductions consenties depuis 1892 sont de 25 p. 100 pour la 1re classe et de 20 p. 100 pour la 2e et la 3e.

Les prix appliqués sont les suivants, par kilomètre, y compris l'impôt :

1re classe	0,168 fr.
2e —	0,121 —
3e —	0,0788 —

Depuis quelques années, d'ailleurs, les compagnies, suivant l'exemple du réseau de l'État, ont successivement adopté la délivrance de billets d'aller et retour de toute gare à toute gare (à l'exception du réseau du Nord) et augmenté leur durée de validité ; mais cette dernière reste encore un peu plus avantageuse sur le réseau de l'État, qui seul concède en outre la faculté d'arrêt en cours de route, sans aucune perception supplémentaire, pour les trajets d'une certaine importance (250 kilomètres de trajet simple).

Il existe sur les différents réseaux (tarif G. V. n° 3) des cartes d'abonnement, à prix réduits, valables pour trois mois, six mois ou un an, des abonnements pour écoliers et étudiants, ainsi que des abonnements de semaine à prix très réduits pour les ouvriers et valables pour certains trains du matin et du soir.

Les différents tarifs G. V. nos 5 et 6, qui comportent des billets circulaires et d'excursion et des billets de bains de mer et de stations thermales, offrent

au public des combinaisons variées qui lui permettent d'accomplir ces sortes de voyages à des prix relativement réduits. La durée de validité de ces billets, qui est généralement de trente-trois jours, peut être prolongée une ou deux fois de trente jours moyennant 10 p. 100 du prix du billet primitif.

Nous n'entrerons pas dans le détail de la description des diverses combinaisons de voyage que permettent d'effectuer les billets spéciaux de la tarification française. Nous signalerons seulement qu'à plusieurs reprises l'administration des chemins de fer de l'État, imitant une initiative heureuse prise par les chemins de fer de l'Autriche-Hongrie, de la Bavière, de la Hollande, a essayé d'introduire en France l'usage des *carnets kilométriques*, depuis fort longtemps réclamés par le public et offrant aux voyageurs qui effectuent annuellement un grand nombre de voyages des réductions importantes ; ces tentatives ont jusqu'à présent échoué, en raison de l'opposition des grandes compagnies et notamment de la compagnie d'Orléans.

La tarification des bestiaux en grande vitesse présente encore de nombreuses divergences sur la plupart des réseaux. La compagnie du Midi n'a pas de tarif spécial pour ces transports. Sur l'Orléans et l'Ouest (tarifs G. V. n° 11) on perçoit une taxe de 0,13 fr. par tête et par kilomètre. Sur le Nord et sur l'Est on emploie la tarification au mètre superficiel. Sur l'État et sur le P.-L.-M., la tarification au wagon est la règle pour tous les animaux.

La tarification des denrées en grande vitesse présente également, au point de vue des tarifs spéciaux, d'assez grandes divergences sur les différents réseaux. On peut signaler, comme particulièrement intéressants, les tarifs qui prévoient le transport des denrées dans des wagons réfrigérants, ainsi que cela se pratique avec succès dans divers pays étrangers, notamment en Amérique.

Le réseau de l'État met depuis 1903 à la disposition du commerce des wagons spécialement aménagés à cet effet et permettant (tarif spécial G. V. n° 14) le transport des denrées de toute nature à une température suffisamment basse pour en assurer la conservation et moyennant une majoration de 10 p. 100 sur le prix des transports en wagons ordinaires.

Sur les autres réseaux français le transport des denrées à basse température est prévu seulement dans des wagons réfrigérants fournis par les expéditeurs ou par des Sociétés de transports frigorifiques.

Conditions communes d'application des tarifs spéciaux de grande vitesse. — Il existe, pour les tarifs spéciaux de grande vitesse, un certain nombre de conditions d'application communes à tous ces tarifs sur tous les réseaux. Elles ont été réunies en un petit nombre d'articles, que nous repro-

duisons ci-après, et qui visent notamment la demande du tarif, les majorations de taxes applicables depuis la loi Rabier et la clause des stations intermédiaires.

En dehors des conditions particulières explicitement stipulées dans les tarifs spéciaux eux-mêmes, l'application desdits tarifs est subordonnée aux conditions ci-après :

ARTICLE PREMIER. — *Demande du tarif.* — Les prix des tarifs spéciaux pour le transport des marchandises ne sont appliqués qu'autant qu'ils sont plus avantageux que ceux des tarifs généraux et que l'expéditeur en fait la demande sur sa déclaration d'expédition. Cette demande peut être faite par l'une des mentions : *tarif spécial, tarif réduit, tarif le plus réduit,* considérées comme équivalentes et impliquant l'acceptation par l'expéditeur de toutes les conditions que comporte le tarif à appliquer. A défaut de l'une de ces indications, l'expédition est soumise au prix et conditions du tarif général.

ART. 2. — *Majoration de taxes pour certaines marchandises.* — Les prix de transport inscrits dans les tarifs spéciaux de grande vitesse pour les marchandises énumérées au tableau donné à l'article 2 des conditions générales d'application des tarifs spéciaux de petite vitesse, ne sont applicables qu'avec les majorations indiquées dans ledit tableau.

Par exception, toutefois, aucune majoration n'est appliquée lorsque ces marchandises sont destinées à l'exportation ou voyagent avec lettre de voiture internationale aux conditions de la Convention de Berne.

Les prix des tarifs spéciaux, qui sont soumis exclusivement aux conditions de tarifs généraux, sont également exempts de majoration.

ART. 3. — *Stations intermédiaires.* — Les transports effectués aux conditions d'un tarif spécial, de ou pour une gare non dénommée audit tarif spécial, mais intermédiaire entre deux gares dénommées, peuvent jouir du bénéfice de ce tarif, en payant pour la distance entière, depuis la dernière gare dénommée située avant le lieu de départ jusqu'à la première gare dénommée située après le lieu de destination, si la taxe ainsi calculée est plus avantageuse que celle du tarif général.

Ne sont considérées comme intermédiaires entre deux gares dénommées que les stations situées sur l'itinéraire le plus court entre les deux gares dénommées.

ART. 4. — *Application. Conditions des tarifs généraux.* — Les conditions du tarif général restent applicables aux transports effectués en vertu des tarifs spéciaux, en tout ce qui n'est pas contraire aux dispositions générales ci-dessus et aux conditions particulières de chacun de ces tarifs.

Tarifs communs. — Parmi les tarifs spéciaux de grande vitesse, il est intéressant de mentionner quelques-uns de ceux qui sont communs à plusieurs entreprises de transport, en raison des facilités spéciales que ces tarifs procurent au public.

Nous citerons à ce point de vue :

En ce qui concerne les voyageurs, les tarifs 101 (cartes donnant droit à la délivrance de billets à demi-tarif), 102 (billets d'aller et retour pour diverses relations de trafic direct), 103 (cartes d'abonnement), 105 et 205 (voyages circulaires avec itinéraire fixe ou facultatif), 106 (billets de bains de mer et de stations thermales), etc.

Une mention spéciale est à faire au sujet du tarif international commun

G. V. n° 205 (billets à coupons combinés connus sous le nom de *billets du Verein*), dont la zone d'application comprend presque toute l'Europe (à l'exception de l'Italie, de la Russie et de l'Angleterre) et qui est très employé.

En ce qui concerne les marchandises, les tarifs 110 (transport des bagages non accompagnés), 114 (denrées et spécialement denrées périssables), 115 (finances et objets d'art) etc.

On doit mentionner aussi, comme équivalent en somme à un tarif commun de grande vitesse, le tarif des *colis postaux*, organisé à la suite d'un Congrès international qui s'est réuni à Paris en 1878 et dont le service a été confié en France aux compagnies de chemins de fer. Le nom de ces colis vient de ce que, dans la plupart des pays, ce sont les offices postaux qui en assurent le transport. En outre, les prix applicables sont indépendants de la distance, comme ceux des transports de la poste. A l'origine, ces colis ne devaient pas dépasser le poids de 3 kilogrammes, le volume de 20 centimètres cubes et la dimension de 60 centimètres sur une face quelconque. Le prix pour chaque colis était de 0,60 fr. ou 0,85 fr., y compris le droit de timbre, suivant que le colis était livrable en gare ou à domicile, avec faculté d'expédier le colis contre remboursement de sommes pouvant s'élever à 100 francs.

Aujourd'hui, à la suite de plusieurs extensions de ce tarif, il s'applique, en ce qui concerne le trafic international, à tous les colis de 0 à 5 kilogrammes, sans limitation de volume ou de dimensions. Le tarif varie de 0,50 fr. à 0,75 fr. par pays participant au transport, somme à laquelle s'ajoute une taxe, également variable (de 0,25 fr. à 3 francs) pour les transports maritimes.

En ce qui concerne les transports en France et dans les colonies, le tarif comporte actuellement 3 coupures de poids, de 0 à 3 kilogrammes, de 3 à 5 kilogrammes et de 5 à 10 kilogrammes. Pour cette dernière seule les dimensions sont limitées à 1,50 m. sur une face quelconque. Les tarifs sont les suivants pour la France continentale :

De 0 à 3 kilogrammes .	Colis livrable en gare	0,60 fr.
	— à domicile.	0,85 —
De 3 à 5 kilogrammes .	Colis livrable en gare	0,80 —
	— à domicile.	1,05 —
De 5 à 10 kilogrammes.	Colis livrable en gare	1,25 —
	— à domicile	1,50 —

Les colis peuvent être expédiés contre remboursement jusqu'à une limite qui a été longtemps de 500 francs, et qui vient d'être portée à 1 000 francs à partir du 1er octobre 1907.

La responsabilité des transporteurs est limitée à 15 francs, 25 francs, ou 40 francs suivant le poids des colis ; mais les expéditeurs peuvent assurer

leurs colis jusqu'à concurrence de 500 francs, moyennant une taxe de 0,50 fr.

Le succès des colis postaux a été considérable et le trafic correspondant s'est développé dans des proportions énormes. Le nombre des colis postaux, qui était de 8 millions en 1881, a atteint plus de 17 millions en 1885. En 1897, il était de 48 millions, en 1903 de 60 millions.

PETITE VITESSE

I. — Tarifs généraux

Ainsi que nous l'avons déjà fait connaître, toutes les marchandises de la classification générale ont été réparties en six séries, les mêmes sur tous les réseaux, et dans chaque série la tarification se fait au moyen d'un barème kilométrique, à bases décroissantes, du système belge.

C'est, comme toujours, le réseau de l'État qui est entré le premier dans cette voie. Dès 1880 il adoptait la classification générale de 1879 et il la prenait pour base de ses tarifs généraux de marchandises, en même temps qu'il abaissait d'une manière notable les taxes appliquées autrefois par les compagnies rachetées. Il s'agissait de donner une vive impulsion au trafic sur les lignes, généralement peu productives, dont se compose le réseau et aussi de stimuler les compagnies, par cet exemple, à consentir à des abaissements de tarifs, depuis longtemps réclamés par le public.

Les bases initiales ont été fixées dans les six séries à 16, 14, 12, 10, 9, et 8 centimes. La décroissance commence à 50 kilomètres pour les quatre premières séries et à 25 kilomètres pour les deux dernières. Au delà de 300 kilomètres, la taxe pour chaque kilomètre en sus est respectivement de 13, 11, 10, 8, 5 et 4 centimes, chiffres égaux à la valeur de la base moyenne pour les transports à 300 kilomètres. Les barèmes ainsi obtenus portent les numéros 1 à 6, correspondant aux six séries du tarif général.

On remarquera que, dans ces barèmes, la base cesse de décroître à partir de 300 kilomètres. Cette particularité s'explique par le morcellement extrême des lignes qui constituaient à l'origine le réseau de l'État et dont le résultat était que très peu de transports parcouraient sur ce réseau une distance supérieure à 300 kilomètres. Les remaniements apportés à ce réseau et l'incorporation de lignes nouvelles en 1883 ayant modifié cette situation, le réseau de l'État a, depuis plusieurs années, introduit dans sa tarification une nouvelle série de barèmes *bis*, qui se distinguent des premiers par une réduction de moitié des bases au delà de 300 kilomètres et qui assurent, par conséquent, aux transports à grandes distances des taxes notablement plus réduites qu'autrefois. Ces barèmes *bis* sont d'ailleurs réservés aux tarifs spéciaux dont nous parlerons ultérieurement.

En ce qui concerne les compagnies, elles s'étaient engagées, au moment de la signature des conventions de 1883, à substituer à leurs tarifs généraux en vigueur des tarifs à bases décroisssantes, de la forme belge, applicables pour chacune d'elles à l'ensemble de son réseau.

Ce sont ces tarifs qui ont été successivement approuvés par l'administration supérieure et qui forment actuellement la taxation des marchandises des six séries. Les bases initiales sont respectivement de 16, 14, 12, 10, 8 et 6 centimes, sauf pour l'Est où la base initiale de la troisième série est de 11 centimes et pour le Midi dont les 3e, 4e et 5e séries comportent des bases initiales de 13, 12 et 10 centimes.

Le tableau ci-après, qui reproduit les prix applicables sur les divers réseaux aux marchandises des six séries, jusqu'à une distance de 800 kilomètres, permet de comparer ces prix et de se rendre compte des divergences qui subsistent encore à ce point de vue dans la tarification.

Comparaison des 6 séries des tarifs généraux des divers réseaux.

(Prix de transport par tonne, frais accessoires non compris.)

DISTANCE	ÉTAT	P.-O.	OUEST	MIDI	P.-L.-M.	NORD	EST
km.	fr.	fr.	r.	fr.	fr.	fr.	fr.
				1re série.			
50	8 »	8 »	8 »	8 »	8 »	8 »	8 »
100	15 »	16 »	16 »	16 »	16 »	16 »	16 »
150	21,75	23,50	23,50	24 »	23,50	23,50	23,50
200	28 »	31 »	31 »	32 »	31 »	31 »	31 »
250	33,75	38,50	38,50	40 »	38,50	38,50	38,50
300	39 »	46 »	46 »	48 »	46 »	46 »	46 »
400	52 »	60 »	60 »	63,50	60 »	»	60 »
500	65 »	74 »	72 »	78 »	74 »	»	74 »
600	78 »	87 »	82 »	91,50	87 »	»	»
700	91 »	99 »	90 »	104 »	99 »	»	»
800	104 »	110 »	97 »	115,50	110 »	»	»
				2e série.			
50	7 »	7 »	7 »	7 »	7 »	7 »	7 »
100	13 »	14 »	14 »	14 »	14 »	14 »	14 »
150	18,75	20,50	20,50	21 »	20,50	20,50	20,50
200	24 »	27 »	27 »	28 »	27 »	27 »	27 »
250	28,75	33,50	33,50	35 »	33,50	33 »	33,50
300	33 »	40 »	40 »	42 »	40 »	39 »	40 »
400	44 »	52 »	52 »	55 »	52 »	»	52 »
500	55 »	64 »	62 »	67 «	64 »	»	64 »
600	66 »	75 »	70 »	78 »	75 »	»	»
700	77 »	85 »	77 »	88 »	85 »	»	»
800	88 »	94 »	83 »	97 »	94 »	»	»

DISTANCE	ÉTAT	P.-O.	OUEST	MIDI	P.-L.-M.	NORD	EST
km.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
			3° *série.*				
50	6 »	6 »	6 »	6,50	6 »	6 »	5,50
100	11,50	12 »	12 »	13 »	12 »	12 »	11 »
150	16,50	17,50	17,50	19,50	17,50	17,50	16 »
200	21 »	23 »	23 »	26 »	23 »	23 »	21 »
250	25,65	28,50	28,50	32,50	28,50	28 »	26 »
300	30 »	34 »	34 »	38,50	34 »	33 »	31 »
400	40 »	44 »	44 »	50 »	44 »	»	40 »
500	50 »	54 »	52 »	60 »	54 »	»	49 »
600	60 »	63 »	58 »	68 »	63 »	»	»
700	70 »	71 »	63 »	74,50	71 »	»	»
800	80 »	78 »	68 »	80,50	78 »	»	»
			4e *série.*				
50	5 »	5 »	5 »	6 »	5 »	5 »	5 »
100	9,50	10 »	10 »	12 »	10 »	10 »	10 »
150	13,50	14,50	14,50	18 »	14,50	14,50	14,50
200	17 »	19 »	19 »	24 »	19 »	19 »	19 »
250	20,65	23,50	23,50	29,50	23,50	23 »	23,50
300	24 »	28 »	28 »	35 »	28 »	27 »	28 »
400	32 »	36 »	36 »	44 »	36 »	»	36 »
500	40 »	44 »	42 »	51 »	44 »	»	44 »
600	48 »	51 »	48 »	57 »	51 »	»	»
700	56 »	57 »	53 »	62 »	57 »	»	»
800	64 »	62 »	57 »	67 »	62 »	»	»
			5° *série.*				
50	4 »	4 »	4 »	5 »	4 »	4 »	4 »
100	6 »	8 »	8 »	10 »	8 »	8 »	8 »
150	8,65	11,50	11,50	15 »	12 »	11,50	12 »
200	11 »	15 »	15 »	19 »	15,50	15 »	15,50
250	13,15	18,50	18,50	23 »	17,50	18 »	17,50
300	15 »	22 »	22 »	26,50	19,50	21 »	19,50
400	20 »	28 »	28 »	33 »	23,50	»	23,50
500	25 »	34 »	33 »	38,50	27,50	»	27,50
600	30 »	39 »	37 »	43 »	31,50	»	»
700	35 »	43 »	40 »	47 »	35,50	»	»
800	40 »	46 »	43 »	51 »	39,50	»	»
			6° *série.*				
50	3,50	3 »	3 »	3 »	3 »	3 »	3 »
100	5 »	5 »	5 »	5 »	5 »	5 »	5 »
150	7,15	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75
200	9 »	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50
250	10,65	10,25	10,25	10,25	10,25	10,25	10,25
300	12 »	12 »	12 »	12 »	12 »	12 »	12 »
400	16 »	15 »	15 »	15 »	15 »	»	15 »
500	20 »	18 »	18 »	18 »	18 »	»	18 »
600	24 »	21 »	21 »	21 »	21 »	»	»
700	28 »	23,50	23,50	23,50	23,50	»	»
800	32 »	26 »	26 »	26 »	26 »	»	»

L'examen de ce tableau montre d'une part, que si les divergences de

tarification sont devenues moindres qu'autrefois, l'uniformité est encore loin d'être établie à ce point de vue, puisque pour la quatrième série, par exemple, les prix applicables à 400 kilomètres varient entre 32 et 44 francs; il montre, en outre, que, pour les cinq premières séries, la tarification du réseau de l'État est sensiblement plus réduite que celle des compagnies, et que pour la sixième, il existe, au contraire, pour certaines distances, des prix plus avantageux sur les réseaux des compagnies. La tentative faite en 1881 par le ministre des Travaux publics, dans le but d'obtenir des compagnies un tarif général applicable à leurs relations intérieures et à leur trafic commun, a donc complètement échoué; l'ensemble des chemins de fer français continue à être divisé, au point de vue de l'application des tarifs comme à tous les autres, en un certain nombre de réseaux séparés, au lieu de constituer, comme il le devrait, un seul et unique réseau national. C'est extrêmement regrettable et on peut considérer comme certain que la réforme des tarifs n'est pas définitivement faite à ce point de vue et qu'elle devra être reprise dans un avenir plus ou moins éloigné[1].

Voici comment s'exprimait, en 1887, sur ce sujet, M. Picard, vice-président du Comité consultatif des chemins de fer[2] :

« Tout en maintenant, dit M. Picard, le principe de la simplification des tarifs généraux intérieurs, notamment sur les réseaux d'Orléans, de P.-L.-M. et du Midi, l'administration a abandonné, au moins provisoirement, l'uniformation de ces tarifs et leur application à tous les transports, sans distinction de réseau.

« Nous le regrettons et nous savons que ce regret est partagé par certains représentants particulièrement autorisés des grandes compagnies. Sans doute, les divers réseaux sont placés dans des conditions très différentes, au point de vue de la dépense de premier établissement, des frais d'exploitation, de la fréquentation, de la concurrence, etc. ; sans doute, d'excellentes raisons peuvent être invoquées à l'appui d'une différence de régime. Cependant nous persistons à penser que cette différence devait surtout, sinon exclusivement, se manifester dans les tarifs spéciaux. Tout en nécessitant certains relèvements, l'unification des tarifs généraux et la suppression des limites de réseaux pour leur application pouvaient se combiner avec un abaissement de la moyenne des taxes ; les augmentations auxquelles il aurait fallu se résoudre eussent été longuement compensés par des avantages de l'unité et de la simplicité. »

[1] On peut, il est vrai, soutenir que l'inconvénient signalé est grandement atténué par ce fait que les marchandises voyageant aux conditions des tarifs généraux sont de moins en moins nombreuses et que toutes celles qui donnent lieu à un *trafic intéressant* (pour employer le langage des compagnies privées) figurent dans les tarifs spéciaux. C'est exact pour celles-là ; mais l'inconvénient n'en subsiste pas moins dans son entier pour toutes celles (et il y en a encore un assez grand nombre) qui ne sont pas reprises dans les tarifs spéciaux.

[2] *Traité des Chemins de fer*, t. IV, Paris, 1887, p. 325.

Les tarifs généraux pour les transports à petite vitesse contiennent un certain nombre de clauses communes que nous résumons ci-dessous.

En premier lieu, les prix fixés par les barèmes ne sont applicables qu'aux colis pesant plus de 40 kilogrammes.

Quant aux colis pesant isolément 40 kilogrammes et au-dessous (tarif exceptionnel, arrêté du 24 mars 1898), ils sont taxés à 0,25 fr. par tonne et par kilomètre, quelle que soit la série à laquelle ils appartiennent, et sans que la taxe puisse, en aucun cas, être supérieure à celle d'une expédition de même nature pesant plus de 40 kilogrammes (les prix correspondants font, sur le réseau de l'État, l'objet du barème n° 0).

Il est d'ailleurs spécifié, pour tous les réseaux, que les prix des tarifs ordinaires (généraux ou spéciaux), sont applicables à tous les colis, même emballés à part, qui font partie d'envois pesant ensemble plus de 40 kilogrammes, expédiés par *une même personne à une même personne*. C'est la reconnaissance officielle du droit au *groupage* des colis pour les expéditeurs directs, droit qui n'existe pas pour les entrepreneurs, en vertu de la clause ci-après :

Le bénéfice de la disposition énoncée ci-dessus ne peut être invoqué par les entrepreneurs de messagerie ou de roulage et autres intermédiaires de transport, à moins que les articles par eux envoyés ne soient réunis en un seul colis.

Lorsqu'un colis contient des marchandises de séries différentes, il est taxé d'après le prix de la série la plus élevée, à moins que l'expéditeur ne justifie de la nature et du poids des objets transportés ; dans ce cas, les marchandises sont taxées séparément suivant leur série.

Le tarif exceptionnel fixe comme il suit la taxation en petite vitesse de certains objets :

1° Marchandises ne pesant pas 200 kilogrammes sous le poids d'un mètre cube. — Prix de la série à laquelle elles appartiennent, majorés de 50 p. 100.

2° Matières inflammables. — Taxation fixée suivant la classification de l'arrêté du 12 novembre 1897, savoir :

1re catégorie :	50 p. 100	en plus du tarif général ;	
2° —	25 —	—	
3e —	10 —	—	
4e —	prix du tarif général ou des tarifs spéciaux ;		
5e —	(matières vénéneuses) : prix du tarif général ou des tarifs spéciaux.		
6e —	(matières infectes) : prix du tarif général ou des tarifs spéciaux.		

Animaux dangereux : 0,25 fr. par wagon spécial et par kilomètre.

3° Animaux dont la valeur déclarée excède 5 000 francs. — Prix du tarif applicable majorés de 50 p. 100.

4° Plaqué d'or ou d'argent, mercure, dentelles, broderies et objets d'art. — Prix de la première série majorés de 50 p. 100. Toutefois le mercure, bien que compris dans le tarif exceptionnel, est taxé aux prix de la première série.

5e Colis de 40 kilogrammes et au-dessous.

La taxe a été indiquée plus haut.

II. — Tarifs spéciaux

La réforme des tarifs spéciaux a consisté principalement, comme nous l'avons dit, dans une revision et une diminution du nombre de ces tarifs. Au moment où elles ont signé les conventions de 1883, les compagnies se sont, en effet, engagées à simplifier leurs tarifs spéciaux, en les formant :

1° De barèmes du système belge, applicables indistinctement à tous les parcours ;

2° De prix fermes destinés surtout à éviter les relèvements sensibles auxquels pouvait conduire la réforme des taxes.

La réforme est aujourd'hui réalisée pour toutes les compagnies.

Le nombre des tarifs est considérablement réduit ; ils se présentent actuellement sous la forme suivante : les marchandises bénéficiant de prix réduits sont réparties entre trente tarifs spéciaux applicables sur tous les réseaux à la même nature de marchandises.

Pour le calcul des taxes on se sert : d'une part, d'un certain nombre de barèmes à base décroissante, comme pour les tarifs généraux, s'appliquant, sur toute l'étendue de chaque réseau, aux différentes marchandises ; d'autre part, d'un certain nombre de prix fermes, qui ont été établis ou maintenus pour éviter soit une dépression excessive des recettes, soit des relèvements inacceptables. Quant aux conditions d'application communes aux différents tarifs spéciaux, elles ont été réunies dans un document unique, où figure la clause des *stations non dénommées* dont nous avons déjà parlé.

Les trente tarifs spéciaux portent sur les différents réseaux les titres ci-après :

1. Animaux vivants. — 2. Céréales, farines, graines, légumes secs, etc. — 3. Denrées, fruits, légumes, etc. — 4. Eau de mer, sel gemme, sel marin. — 5. Betteraves, sucres, mélasses, dextrine. — 6. Boissons. — 7. Combustibles minéraux. — 8. Combustibles végétaux. — 9. Bois de construction, etc. — 10. Chaux, ciments et plâtres. — 11. Matériaux de construction. — 12. Pierres et terres servant aux arts et métiers. — 13. Minerais. — 14. Produits métallurgiques. — 15. Résines et bitumes, huiles minérales et combustibles liquides. — 16. Corps gras et leurs dérivés. — 17. Matières tinctoriales. — 18. Produits chimiques. — 19. Papiers, cartons et matières servant à la fabrication de ces produits. — 20. Tissus et textiles. — 21. Produits céramiques, verrerie. — 22. Amendements, engrais. — 23. Arbres et arbustes vivants, foins, fourrages, paille, etc. — 24. Mobiliers, objets manufacturés. — 25. Emballages vides. — 26. Emballages vides en retour. — 27. Dépouilles d'animaux et produits accessoires. — 28. Matériel d'entrepreneur, de fêtes, de chemins de fer et de tramways. Voitures. — 29. Réglementations diverses, savoir : Chap. Ier. Masses indivisibles et objets de dimensions exceptionnelles. — Chap. II. Embranchements particuliers. — Chap. III. Animaux, objets et produits destinés aux concours agricoles, expositions officielles. — Chap. IV. Marchandises en wagons fournis par les expéditeurs. — Chap. V. Conditions de soudure des tarifs. — Chap. VI. Opérations en douane. — Chap. VII. Pesage des camions et voitures. — Chap. VIII. Enlèvement des marchandises et magasi-

nage. — Chap. IX. Transport sur les voies des quais. — Chap. X. Marchandises en provenance ou à destination de diverses gares desservant une même localité. — 30. Exportation. Ports de mer.

En outre, en raison des sujétions particulières que lui imposent les conventions de 1883, le réseau de l'État possède un tarif spécial n° 33 relatif aux conditions de transport des marchandises de ou pour Paris.

Il est hors de doute que cette répartition des marchandises dans des tarifs spéciaux portant le même numéro facilite grandement les recherches ; l'amélioration apportée à ce point de vue est donc réelle et considérable.

Nous ajouterons que pour faciliter encore les recherches, l'uniformité dans la numérotation des tarifs a été également introduite dans les tarifs communs et dans les tarifs d'exportation et de transit, dont nous parlerons ultérieurement.

Les marchandises inscrites dans ces divers tarifs prennent ainsi place dans ceux de ces tarifs dont les numéros correspondent à celui du tarif intérieur dans lequel elles sont rangées. La correspondance s'établit comme il suit :

1, 2, 3, 4, etc. tarifs intérieurs.

101, 102, 103, etc., tarifs communs entre les chemins de fer français, pour le trafic intérieur.

201, 202, 203, etc., tarifs communs avec les chemins de fer étrangers et les compagnies de navigation.

301, 302, 303, etc., tarifs d'exportation et de transit communs entre chemins de fer français.

401, 402, 403, etc., tarifs d'exportation et de transit communs avec les chemins de fer étrangers et les compagnies de navigation.

Si l'on passe maintenant à l'examen des tarifs en eux-mêmes, on trouve, au contraire, une grande diversité, qu'il était d'ailleurs bien difficile, sinon impossible d'éviter, étant données les conditions de concession des différents réseaux des chemins de fer français et la manière dont la tarification antérieure avait été établie.

Les barèmes habituellement appliqués dans les tarifs spéciaux sont au nombre de 6 sur le Nord, de 13 sur l'Est, de 20 sur l'Ouest, de 9 sur l'Orléans, de 6 sur le P.-L.-M., de 9 sur le Midi. En outre, beaucoup de tarifs spéciaux contiennent un certain nombre de prix fermes, qu'on a maintenus pour éviter des relèvements de prix inadmissibles.

D'une manière générale on peut dire que lorsqu'il s'agit d'inscrire une marchandise dans un tarif spécial avec le bénéfice d'une tarification réduite (et en dehors du cas spécial des prix fermes) on opère soit par voie de déclassement, c'est-à-dire en appliquant à cette marchandise le barème d'une série d'un numéro plus élevé que celle dans laquelle elle figure à la classification

générale, soit en taxant cette marchandise au prix d'un barème spécial (A, B, C, D, etc.).

C'est ainsi qu'on a opéré, dès 1880, sur le réseau de l'État où l'on a adopté, indépendamment des barèmes 1 à 6 correspondant aux six séries de la classification générale, les trois barèmes 7, 8 et 9 comportant des prix plus réduits que ceux de la sixième série. Depuis cette époque la création des barèmes *bis* a porté à six le nombre des barèmes des tarifs spéciaux dont les prix sont ci-après reproduits :

DISTANCES	BARÈME		BARÈME		BARÈME	
	7	7 *bis*.	8	8 *bis*.	9	9 *bis*.
km.	fr.		fr.		fr.	
50	2,40		2,25		1,50	
100	4 »		3,80		3 »	
150	5,65		5,25		4,15	
200	7 »		6 »		5 »	
250	8,15		6,90		5,65	
300	9 »		7,50		6 »	
400	12	10,50	10 »	8,75	8	7
500	15	12 »	12,50	10 »	10	8
600	18	13,50	15 »	11,25	12	9
700	21	15 »	17,50	12,50	14	10
800	24	16,50	20 »	13,75	16	11

C'est ainsi également qu'il a été opéré par la compagnie de l'Est, la première qui ait fait la réforme de ses tarifs, et par la compagnie du Nord.

Les prix des barèmes de ces deux réseaux sont indiqués ci-dessous :

En ce qui concerne l'Est, trois barèmes nouveaux ont été adoptés plus récemment ; ce sont : le barème A *bis*, un peu inférieur au barème A aux grandes distances; le barème G *bis*, intermédiaire entre les barèmes G et H, enfin un nouveau barème qui n'est autre que le barème G *bis* réduit de 5 p. 100.

DISTANCES	EST									NORD					
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	I	II	III	IV	V	VI
km.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
50	5	4	4	3,50	3,25	2,75	2,75	2,25	1,75	5	4	3,50	3 »	2,50	1,75
100	10	8	8	6,50	5,25	4,75	4,75	3,75	3 »	10	8	6 »	5 »	4,50	3,15
150	14	11	10	8,50	7,25	6,25	5,90	4,90	4 »	14	11	7,75	6,50	5,75	4,40
200	18	14	12	10,50	9,25	7,75	7 »	6 »	5 »	18	14	9,50	8 »	7 »	5,65
250	21	16	14	12,50	10,50	9 »	8 »	7 »	6 »	21	16	10,65	9 »	7,75	6,65
300	24	18	16	14,50	11,75	10,25	9 »	8 »	7 »	24	18	11,75	10 »	8,50	7,40
400	30	22	20	17,50	14,25	12,75	11 »	10 »	9 »	»	»	»	»	»	»
500	36	26	24	20,50	16,25	14,75	13 »	12 »	11 »	»	»	»	»	»	»

Si l'on compare les prix des barèmes de l'Est à ceux des six séries du tarif général, on trouve que les barèmes A et A *bis* s'encadrent entre la qua-

trième et la cinquième série et les barèmes B, C, D, E entre les séries cinq et six. Les barèmes F, G, G *bis*, H et I donnent des prix inférieurs à ceux de la sixième série.

En ce qui concerne le Nord, les prix du barème I sont inférieurs à ceux de la quatrième série à partir de 150 kilomètres ; ceux des barèmes II et III sont intermédiaires entre les séries cinq et six ; enfin les barèmes IV, V et VI donnent des prix inférieurs à ceux de la sixième série.

La réforme des tarifs était relativement facile pour les deux réseaux de l'Est et du Nord, dont les tarifs spéciaux comportaient principalement des prix kilométriques réduits.

Il n'en a pas été de même pour les autres réseaux. Sur le P.-L.-M. on a adopté, au lieu de barèmes kilométriques, des barèmes à paliers dont les échelons sont de 2 kilomètres entre 112 et 160 kilomètres, de 5 kilomètres entre 160 et 240 kilomètres, de 10 kilomètres entre 240 et 360 kilomètres et de 20 kilomètres au delà. Dans chaque palier, la taxe est calculée d'après la distance la plus longue. Cette modification a produit, en même temps que des abaissements importants, des relèvements de taxes très notables qui ont provoqué des plaintes très vives de la part du commerce et ont obligé la compagnie à modifier presque immédiatement certains de ses prix. La compagnie P.-L.-M. s'est d'ailleurs engagée, au moment de la signature des conventions de 1883, à supprimer les paliers de ses tarifs spéciaux, dès que commencerait pour elle le partage des bénéfices avec l'État. Cette suppression est actuellement en cours de réalisation.

Ci-dessous le tableau des prix que donnent les six barèmes du réseau P.-L.-M :

DISTANCES	BARÈMES					
	A	B	C	D	E	F
km.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
50	4,50	4 »	4 »	3,10	3 »	3
100	9 »	7 »	6,25	5,25	4,50	4
150	13 »	10 »	8,50	7,35	5,75	5
200	17 »	13 »	10,75	9,50	7 »	6
250	20,25	15 »	12,65	11,50	8,25	7
300	23,50	17 »	14,50	13,50	9,50	8
400	30 »	20,50	17,75	16,75	12 »	10
500	35 »	24 »	21 »	20 »	14,50	12
600	40 »	27,50	24,25	23,25	17 »	14
700	45 »	31 »	27,50	26,50	19,50	16
800	49 »	34,50	30,50	29,50	22 »	18

Le barème A donne des prix inférieurs à la quatrième série ; les barèmes B, C, D sont intermédiaires entre les séries 5 et 6 ; les barèmes E et F donnent des prix plus bas que ceux de la sixième série.

Pour les réseaux d'Orléans, du Midi et de l'Ouest, des difficultés du même genre ne se sont pas produites, ces compagnies ayant eu le soin, à la suite des plaintes suscitées par les relèvements de taxe du P.-L.-M., de s'interdire tout relèvement important. Les abaissements ont d'ailleurs été moins sensibles sur ces réseaux.

Ci-dessous les prix des barèmes spéciaux du réseau d'Orléans :

DISTANCES	BARÈMES								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
km.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
50	8 »	6	5 »	5 »	4 »	4 »	3,25	2,75	2,25
100	16 »	12	10 »	10 »	8 »	6,50	5,75	4 »	3,75
150	21,50	16	14,50	12,50	10,50	8,50	7,25	5 »	4,75
200	27 »	20	19 »	15 »	13 »	10,50	8,75	6 »	5,75
250	32,50	24	21 »	16,50	14,50	12 »	9,75	7 »	6,75
300	38 »	28	23 »	18 »	16 »	13,50	10,75	8 »	7,75
400	44 »	32	26,50	21 »	18,50	15,50	12,75	10 »	9,75
500	50 »	35	29,50	24 »	21 »	17,50	14,75	12 »	11,75
600	56 »	38	32,50	26,50	23,50	19,50	16,75	14 »	13,75
700	61 »	41	35,50	29 »	26 »	21,50	18,75	16 »	15,75
800	66 »	44	38,50	31,50	28,50	23,50	20,75	18 »	17,75

Si l'on compare les prix de ce barème à ceux des tarifs généraux, on voit que le barème A donne des prix qui reproduisent ceux de la 1re série jusqu'à près de 150 kilomètres, égalent ceux de la 2e série à 200 kilomètres et diminuent ensuite jusqu'à être intermédiaires entre ceux de la 3e et de la 4e série. Le barème E donne, à partir de 150 kilomètres, des prix inférieurs à ceux de la 5e série et supérieurs à ceux de la 6e. Enfin les barèmes H et I donnent des prix inférieurs à ceux de la 6e série.

Sur le réseau du Midi les barèmes spéciaux, au nombre de neuf, donnent les prix ci-dessous :

DISTANCES	BARÈMES								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
km.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
50	7 »	6,50	6,50	6 »	5 »	4,50	4 »	2,75	2,50
100	13,10	12,20	10,60	9,55	8 »	7 »	5,65	4,65	4 »
150	15,60	14,20	12,50	11,45	10,50	8,50	7,15	6,15	5 »
200	17,50	15,70	14 »	12,95	12 »	10 »	8,65	7,65	6 »
250	19 »	16,95	15,25	14,20	13,25	11,25	9,90	8,75	7 »
300	20.50	18,20	16,50	15,45	14,50	12,50	11,10	9,75	8 »
400	23 »	20.70	18,50	17,45	16,50	14,50	13,10	11,75	10 »
500	25 »	22,70	20,50	19,45	18,50	16,50	15,10	13,75	12 »
600	27 »	24,70	22,50	21,45	20,50	18,50	17,10	15,75	14 »
700	29 »	26,70	24,50	23,45	22,50	20,50	19,10	17,75	16 »
800	31 »	28,70	26,50	25,45	24,50	22,50	21,10	19,75	18 »

On voit que ces barèmes qui donnent, aux faibles distances, des prix légèrement inférieurs à ceux du tarif général, conduisent assez rapidement à des taxes notablement plus réduites. Le barème G, inférieur à la 5e série à son origine, devient entre 200 et 250 kilomètres inférieur à la 6e; les barèmes H et I donnent des prix toujours inférieurs à ceux de cette dernière.

La compagnie du Midi applique en outre, sur la ligne de Bordeaux à Cette, où elle a à lutter contre la concurrence du canal du Midi, un tarif spécial P. V. n° 32, qui comporte, pour les diverses marchandises des six séries, avec les conditions d'application du tarif général, des prix sensiblement inférieurs à ceux des dites séries. Ces prix sont d'ailleurs susceptibles de se souder, sur les lignes d'embranchement, à ceux du tarif général et permettent, par suite, un abaissement sensible des taxes presque sur tous les points du réseau, tout en maintenant les conditions d'application des tarifs généraux.

Enfin la compagnie de l'Ouest applique dans ses tarifs spéciaux des barèmes, au nombre de vingt, dont les prix ci-après reproduits (p. 284) s'insèrent de façons diverses entre les séries du tarif général.

Les barèmes A à K donnent des prix inférieurs à ceux de la 4e série et, dans certains cas, à ceux de la 5e et de la 6e. Au contraire le barème L atteint à partir de 150 kilomètres des prix supérieurs à ceux de la 1re série du tarif général.

Il est à remarquer que, sur tous les réseaux et en dehors des prix fermes et des barèmes dont nous venons de parler, un certain nombre de tarifs contiennent encore des barèmes spéciaux applicables à certaines marchandises ou à certains courants de transports. Ces barèmes sont également de la forme belge, comme les précédents.

Après avoir indiqué de quelle façon sont établis les barèmes des tarifs spéciaux, il serait évidemment intéressant de se rendre compte de la façon dont ces barèmes sont appliqués aux diverses marchandises.

Mais, étant donnés le nombre des tarifs spéciaux et celui des marchandises, on conçoit que ce serait là une étude d'une complication extrême et d'une longueur qui dépasserait les limites du présent ouvrage. On s'en rendra compte par cette simple constatation que le recueil Chaix, qui contient les différents tarifs appliqués, forme, en ce qui concerne la petite vitesse seulement, un volume de grand format de 1726 pages.

Nous nous bornerons donc à l'examen, à titre d'exemple, de la tarification en petite vitesse de quelques marchandises, intéressantes à des titres divers : les animaux, les céréales, les vins, les combustibles minéraux et les engrais.

DISTANCES	BARÈMES																		
	A	B	C	D	E	F	G	G *bis*.	G *ter*.	H	I	K	L	M	N	P	R	S	T
km.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
50	5 »	4 »	3,50	3,50	3,25	3 »	2,95	2,75	2,75	2,50	2,25	4 »	8	8 »	4 »	3,50	5 »	3,50	3,50
100	9 »	7,50	6,25	6 »	5,50	5,25	4,95	4,55	4,55	4 »	3,50	7,50	16	11 »	8 »	6,65	9 »	6 »	6 »
150	12,50	10,50	9 »	8,25	7,25	6,75	6,50	5,80	5,80	5 »	4,40	10,50	24	14,50	11 »	8,15	12,50	8,50	7,75
200	16 »	13,50	11,75	10 »	9 »	8,25	8 »	7,05	6,95	6 »	5,25	13 »	32	19 »	13,50	9,65	13,75	10,50	9,50
250	19 »	16,50	14,50	11,75	10,50	9,75	9,25	8,05	7,70	6,75	6,15	14,50	40	23,50	15 »	10,75	15 »	12,50	10,65
300	22 »	19,50	17,25	13,50	12 »	11,25	10,50	9,05	8,45	7,50	7 »	16 »	48	28 »	16,50	11,90	16,25	14 »	11,75
400	27 »	24,50	22,25	17 »	15 »	14,25	13 »	11,05	9,95	9 »	8,75	18,50	63	36 »	18,50	13,65	18,75	16,50	14 »
500	31 »	28,50	26,25	20 »	18 »	17,25	15,50	13,05	11,45	10,50	10,50	21 »	77	42 »	20 »	15,40	21,25	19 »	16,25
600	34 »	31,50	29,25	22,50	20,50	19,25	17,50	14,80	12,95	12 »	12 »	23,50	90	48 »	21,50	16,90	23,75	21,50	18,50
700	37 »	34,50	31,25	25 »	23 »	21,25	19,50	16,55	14,45	13,50	13,50	26 »	102	53 »	23 »	18,40	26,25	24 »	20,75
800	40 »	37,50	33,25	27,50	25,50	23,25	21,25	18,30	15,95	15 »	15 »	28,50	113	57 »	24,50	19,90	28,75	26,50	23 »

NOTA. — Il existe un barème C *bis* non reproduit dans le tableau ci-dessus et dont les prix sont intermédiaires entre les barèmes C et D.

Animaux. Tarif spécial P. V. n° 1. — La tarification des animaux est assez complexe ; trois modes de taxation sont en usage sur les divers réseaux. La tarification au wagon est adoptée par les réseaux de l'État, du Midi et de P.-L.-M. ; le réseau d'Orléans taxe au wagon les animaux de grande taille et à la tête les animaux de petite taille ; l'Est et le Nord appliquent des taxes au mètre superficiel de wagon, l'Est pour tous les animaux, le Nord pour ceux de grande taille ; enfin l'Ouest taxe tous les animaux à la tête.

Le tableau ci-après donne la comparaison des prix appliqués aux animaux de grande taille, pour le chargement complet d'un wagon d'une superficie courante (15 m²) et pour le nombre de têtes habituellement chargées dans un même véhicule :

DISTANCES	EST	ÉTAT	MIDI	NORD	ORLÉANS	OUEST	P.-L.-M.
km.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
50	26,25	15 »	25 »	24,75	25	33 »	18
100	45 »	28 »	50 »	50,25	50	66 »	28
150	63,75	40,50	75 »	69,75	75	93,50	42
200	82,50	52 »	100 »	99,75	100	115 »	60
300	114 »	72 »	142,50	112,50	150	151,25	87
400	145,50	96 »	175 »	»	200	178,75	111

On voit quelle variété existe dans les prix. Les tarifs les plus réduits sont ceux de l'État et du P.-L.-M., le plus élevé est celui de l'Ouest. En outre, le tarif de l'État est le plus simple de tous ; il ne comporte qu'un seul barème applicable à tous les animaux.

Céréales. Tarif spécial P. V. n° 2. — La tarification des céréales présente de moins grandes différences en ce qui concerne les prix proprement dits.

DISTANCES	EST	ÉTAT	MIDI	NORD	ORLÉANS	OUEST	P.-L.-M.
km.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
50	3,25	2,50	4 »	3,50	4 »	3,50	3,10
100	5,25	4 »	7 »	6 »	6 »	6,65	5,25
200	9,25	7 »	11 »	9,25	8 »	9,25	9 »
300	11,25	9 »	12,75	11,25	9,75	11,25	12 »
400	12,75	10,50	14,25	»	11,25	13,25	14 »
500	14,25	12 »	15,75	»	12,25	15,25	15,50

On peut faire remarquer cependant que le réseau de l'État taxe d'une manière identique, non seulement toutes les céréales, mais encore les farines, les graines fourragères, oléagineuses, potagères, les légumes

secs, etc., tandis que sur les autres réseaux, les prix applicables à ces diverses marchandises sont assez souvent différents.

Le tableau ci-dessus s'applique spécialement aux céréales par wagon complet de 4 000 kilogrammes sur l'État et de 5 000 kilogrammes sur les compagnies.

Le tarif le plus avantageux est celui de l'État; le plus élevé, celui du Midi. Nous ne tenons pas compte, bien entendu, des prix fermes qui peuvent exister sur divers réseaux et donner pour certaines relations des prix souvent beaucoup plus faibles que ceux du tableau.

Vins. Tarif spécial P. V. n° 6. — La tarification des boissons présente également de notables divergences sur les différents réseaux. Pour ce qui concerne les vins et abstraction faite des prix fermes, les prix appliqués sont les suivants. Ils sont relatifs, en ce qui concerne le réseau de l'État, aux expéditions partielles ou par wagon complet de 4 000 kilogrammes de vins en fûts, caisses ou paniers, et, en ce qui concerne les compagnies, aux expéditions de vins en fûts par 4 000 ou 5 000 kilogrammes.

DISTANCES	EST	ÉTAT	MIDI	NORD	ORLÉANS	OUEST	P.-L.-M.
km.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
50	5	4	6 »	4 »	6	4	4 »
100	10	6	12 »	8 »	12	8	8 »
200	19	11	19,50	13 »	20	15	15,50
300	28	15	27 »	15 »	28	22	19,50
400	36	20	32,05	»	32	28	23,50
500	44	25	35,05	»	35	33	27,50

Combustibles minéraux. Tarif spécial P. V. n° 7. — La tarification des charbons offre des divergences encore plus grandes, en raison de la situation très différente dans laquelle se trouvent les divers réseaux par rapport aux bassins houillers et aux points principaux de consommation.

C'est ainsi que, sur le réseau du Nord, en dehors de l'application du barème IV de toute gare à toute gare pour les expéditions de 5 000 kilogrammes, il existe, d'une part, un livret spécial comportant un barème réduit pour les expéditions de 10 000 kilogrammes d'un certain nombre de points de provenance à un grand nombre de points de destination, et d'autre part, une liste très nombreuse de prix fermes applicables aux expéditions de 10 et 100 tonnes. Les compagnies de l'Est, d'Orléans, de P.-L.-M., et du Midi ont également un grand nombre de prix fermes pour les houilles expédiées des bassins houillers de leurs réseaux.

En dehors de ces prix, le tableau ci-après indique ceux que donnent les barèmes applicables sur chaque réseau de toute gare à toute gare :

Il existe, en outre, un certain nombre de prix, barèmes ou prix fermes, applicables avec des conditions de tonnage plus élevées.

DISTANCES	EST barème spécial par 10 tonnes.	ÉTAT barème 8 *bis* par 4 tonnes.	MIDI barème 6 et barème G par 5 tonnes.	NORD barème IV par 5 tonnes.	ORLÉANS barème spécial par 5 tonnes.	OUEST barème 6 par 5 tonnes.	P.-L.-M. barème 6 et barème spécial par 10 tonnes.
km.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
50	2,75	2,25	3 »	3	3 »	3 »	3 »
100	4,375	3,80	5 »	5	5 »	5 »	5 »
200	6,625	6 »	8,50	8	7 »	8,50	8,50
300	8,625	7,50	11,10	10	8,25	12 »	11,25
400	10,125	8,75	13,10	»	9,50	15 »	12,75
500	11,65	10 »	15,10	»	10,75	18 »	13,75

Engrais. Tarif spécial P. V. n° 22. — Presque tous les engrais bénéficient, sur le réseau de l'État, par wagon complet de 4 000 et 8 000 kilogrammes, des prix très réduits des barèmes 8 *bis* et 9 *bis*. Sur les autres réseaux, des prix réduits sont accordés à certains engrais, avec des conditions de tonnage de 5 tonnes et au-dessus.

Le tableau ci-après reproduit les prix applicables au superphosphate de chaux par 4 000 et 5 000 kilogrammes:

DISTANCES	EST	ÉTAT	MIDI	NORD	ORLÉANS	OUEST	P.-L.-M.
km.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
50	2,25	2,25	2,50	3 »	2,25	2,50	3 »
100	3,75	3,80	4 »	4,75	4,50	4 »	4,50
200	6 »	6 »	6 »	7,25	6 »	6 »	7 »
300	8 »	7,50	8 »	8,75	7,50	7,50	9,50
400	10 »	8,75	10 »	»	9 »	9 »	12 »
500	12 »	10 »	12 »	»	10,50	10,50	14,50

Ajoutons qu'en vue d'assurer la bonne utilisation de son matériel pendant les périodes de faible intensité du trafic, tout en faisant bénéficier le commerce d'avantages sensibles, le réseau de l'État a consenti une tarification exceptionnellement réduite (barème 9 *bis* par wagon de 10 tonnes et barème 9 *bis* réduit de 0,40 fr. par rames de 5 wagons de 10 tonnes) aux superphosphates de chaux expédiés pendant les périodes du 15 juin au 15 août et du 15 novembre au 31 décembre.

C'est là un essai de *tarif de saison*, dont l'application est toute récente et dont il n'existe d'autre exemple, pour les engrais, que dans une proposition du même genre de la compagnie d'Orléans, non encore homologuée. (Pendant les périodes du 15 mai au 15 août et du 15 décembre au 15 janvier, une

réduction de 1,75 fr. par tonne serait accordée aux superphosphates de chaux par groupe de wagons formant au moins 60 tonnes.)

Cet essai est d'autant plus intéressant que, pendant fort longtemps, depuis l'origine même des chemins de fer, les tarifs de saison avaient été considérés comme interdits par les dispositions de l'art. 48 du cahier des charges, aux termes duquel les taxes abaissées ne peuvent être relevées qu'après un délai d'*un an* au moins en ce qui concerne les marchandises.

On a longtemps discuté sur la portée de cet article et, jusqu'à ces dernières années, les propositions de tarifs de saison présentées par les compagnies avaient toujours été repoussées par l'administration supérieure malgré les arguments très sérieux qui avaient été produits en leur faveur[1].

Nous ne pouvons que constater avec satisfaction le revirement qui s'est produit récemment à ce sujet, les tarifs de saison tels qu'ils sont actuellement présentés étant susceptibles de rendre de réels services au public en même temps qu'aux administrations des chemins de fer.

Abaissement des taxes. — Nous bornerons là cet examen des dispositions de divers tarifs des chemins de fer français et nous examinerons maintenant le résultat qu'ils ont produit en ce qui concerne les taxes appliquées aux marchandises.

Nous laisserons de côté la question théorique de l'abaissement des tarifs, question maintes fois traitée et longuement discutée, mais qui ne présente plus aujourd'hui un grand intérêt pratique, personne ne contestant plus guère actuellement que l'abaissement progressif des tarifs de chemins de fer ne soit le but vers lequel doit tendre une exploitation *faite dans l'intérêt public.*

La première chose à faire lorsqu'on veut juger de la tarification d'nn pays, qu'il s'agisse des voyageurs ou des marchandises, c'est de se rendre compte de la taxe kilométrique moyenne perçue pour la branche du trafic que l'on considère. Mais, comme l'a fait observer M. Picard[2], cette taxe ne suffit pas, à elle seule, pour caractériser la tarification. D'autres considérations doivent entrer en ligne de compte, notamment : la proportion suivant laquelle se répartissent les transports entre les différentes catégories de marchandises, et la distance moyenne des transports qui, lorsque les tarifs sont à base décroissante, peut faire varier la taxe moyenne dans des limites assez étendues.

Mais, ces réserves faites, il est intéressant de suivre la marche à peu près constamment décroissante de la taxe kilométrique moyenne des marchandises en France sur le réseau d'intérêt général depuis 1855. Le tableau ci-

[1] Voir à ce sujet : Picard. *Traité des chemins de fer*, IV, 13.

[2] *Traité des Chemins de fer*, IV, 184.

dessous permet de le faire ; il montre que cette taxe, qui était en 1855 de 7,65 centimes, n'était plus que de 4,60 centimes en 1904 (dernière année dont les résultats statistiques aient été publiés).

Taxe kilométrique moyenne des marchandises transportées en petite vitesse.

ANNÉES	TAXE	ANNÉES	TAXE	ANNÉES	TAXE
	c.		c.		c.
1855	7,65	1872	5,91	1889	5,55
1856	7,56	1873	5,90	1890	5,46
1857	7,26	1874	5,97	1891	5,36
1858	7.18	1875	6,06	1892	5,36
1859	7,21	1876	6,05	1893	5,25
1860	6,92	1877	5,96	1894	5,20
1861	6,72	1878	5,97	1895	5,16
1862	6,73	1879	5,95	1896	5,12
1863	6,60	1880	5,95	1897	5,04
1864	6,16	1881	5,88	1898	4,92
1865	6,08	1882	5,89	1899	4,78
1866	5,99	1883	5,73	1900	4,69
1867	6,10	1884	5,90	1901	4,71
1868	6,07	1885	5,94	1902	4,71
1869	6,16	1886	5,94	1903	4,63
1870	6,14	1887	5,80	1904	4,60
1871	6,26	1888	5,95		

La diminution est considérable : elle atteint près de 40 p. 100. Comme, d'autre part, on peut constater que la proportion des diverses catégories de marchandises dans le tonnage total transporté ne s'est pas sensiblement modifiée, on doit en conclure que l'abaissement progressif de la taxe kilométrique provient, pour la plus grande part, de la diminution des tarifs appliqués.

Il est presque superflu de dire aujourd'hui que ces abaissements de taxes présentent la plus grande importance pour la prospérité commerciale d'un pays et qu'ils ont toujours pour effet, lorsqu'ils sont convenablement établis, d'augmenter le trafic des chemins de fer et finalement ses recettes.

Il ne sera pas sans intérêt de rappeler, à cet égard, les résultats produits, sur le réseau de l'État français, par les réformes de tarifs de 1880 et 1881.

Ainsi que l'a fait remarquer M. Picard [1], lorsque le réseau d'État français a été constitué, les tarifs appliqués par les anciennes compagnies présentaient de notables différences ; il fallait donc les unifier. On a profité de la circonstance pour diminuer notablement les taxes. Nous avons fait connaître précédemment les bases des nouveaux tarifs, qui ont été mis en vigueur en 1880 et 1881. Le tableau ci-après rend compte des résultats obtenus.

[1] *Traité des Chemins de fer*, IV, 503.

Il montre que la taxe kilométrique moyenne a été réduite, de 1879 à 1883, dans la proportion de 32 p. 100 et que le tonnage, ramené à la distance entière, s'est accru de 87 p. 100.

Pendant la même période, l'accroissement moyen pour l'ancien réseau des compagnies, c'est-à-dire pour la partie du réseau national dont la structure s'est le moins modifiée, a été seulement de 8 p. 100.

	1879	1880	1881	1882	1883
Taxe kilométrique moyenne par tonne	7,89 c.	7,47 c.	5,88 c.	5,30 c.	5,40 c.
Nombre de tonnes de marchandises ramené à la distance entière.	60 336 t.	70 080 t.	89 859 t.	107 240 t.	112 624 t.
Recette kilométrique du trafic marchandises	4 762 fr.	5 237 fr.	5 287 fr.	5 686 fr.	6 086 fr.
Produit net kilométrique (voyageurs, marchandises et produits divers)	2 022 fr.	1 868 fr.	2 037 fr.	1 909 fr.	2 317 fr.

Sans doute, cette augmentation considérable du trafic sur le réseau de l'État n'est pas due exclusivement à l'abaissement des taxes ; le réseau a reçu, en effet, de 1879 à 1883, des affluents utiles dont il était auparavant dépourvu, l'achèvement progressif des lignes qui le composent est venu améliorer sa structure, si imparfaite au début ; en outre, le peu de temps écoulé depuis son ouverture à l'exploitation donnait de l'élasticité à son trafic. Toutefois, on ne saurait contester que la mise en vigueur des nouveaux tarifs ait eu une influence très grande sur le développement de la circulation sur ce réseau.

La réforme de la tarification sur le réseau de l'État a donc produit des résultats salutaires. Sans compromettre le produit net du réseau, elle a fait bénéficier le public de sommes considérables qui ont atteint, d'après M. Picard :

1 000	francs par	kilomètre en	1880
2 800	—	—	1881
3 850	—	—	1882
4 050	—	—	1883

tant pour les voyageurs que pour les marchandises.

Nous ajouterons que, depuis l'année 1883, la taxe kilométrique moyenne s'est naturellement encore abaissée sur le réseau de l'État, par suite des diminutions de tarifs qui ont été réalisées. Cette taxe était en 1906 de 5,16 centimes. Le tonnage correspondant, ramené à la distance entière, était de 171 554 tonnes, et la recette kilométrique de 8 866 francs.

Tarifs communs. — Il existe un grand nombre de tarifs de petite vitesse, communs aux différents réseaux, ainsi qu'aux compagnies de navigation; il en existe également auxquels participent les réseaux étrangers.

Ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer, ces tarifs présentent, d'une manière générale, pour le public l'avantage de lui permettre de faire des expéditions directes, sans avoir à se préoccuper du nombre des réseaux empruntés et en évitant les calculs, généralement assez complexes, que nécessite la *soudure* des tarifs intérieurs de chacun de ces réseaux. Leur usage supprime le paiement de la taxe spéciale, pour frais de transmission, dont nous parlons plus loin. Enfin, il présente l'avantage, très appréciable en cas d'application de barèmes à bases décroissantes, de donner des prix moindres pour une même distance, lorsqu'on taxe au moyen d'un barème commun.

Les tarifs communs de petite vitesse sont aujourd'hui très nombreux et rendent de grands services : ils se développent d'ailleurs de plus en plus.

Tarifs pour le trafic international. — Parmi les tarifs communs, il convient de citer spécialement ceux qui servent au trafic international.

Ces tarifs sont, ainsi que nous l'avons vu, les *tarifs d'exportation*, destinés à écouler vers l'étranger les produits nationaux, et les *tarifs de transit*, destinés à permettre le passage sur le territoire français des marchandises en provenance et à destination de l'étranger. Nous avons vu que ces tarifs ont été soustraits, par des décrets de 1862 et 1864, aux formalités générales de l'homologation. A ces deux espèces de tarifs il faut ajouter des tarifs dits d'*importation* ou de *pénétration*, destinés à l'introduction des produits étrangers sur le territoire français. Ces derniers n'ont pas de régime spécial et sont soumis, comme tous les autres, aux formalités réglementaires de l'homologation.

Les tarifs d'exportation n'ont presque jamais été attaqués, au moins dans leur principe. Mais on s'est plaint parfois de ce que les tarifs de transit favorisaient la concurrence des produits étrangers contre les produits nationaux et permettaient, par exemple, aux produits anglais de lutter sur le marché allemand avec les produits français dans des conditions particulièrement désavantageuses pour ces derniers et on a demandé que les Compagnies assurent aux produits français un traitement égal à celui qu'offrent les tarifs de transit aux marchandises étrangères.

En signant les conventions de 1883, les grandes compagnies se sont engagées, par des lettres annexes adressées au ministre des Travaux publics, à faire le nécessaire, si l'État le leur demandait, pour que les tarifs de transit soient en même temps des tarifs d'exportation, c'est-à-dire pour que les taxes totales de transit s'appliquent aux expéditions faites sur l'étranger par toutes les gares intermédiaires de l'itinéraire de transit et même par

toutes les gares situées sur les embranchements dans une zone de 50 kilomètres de part et d'autre de cet itinéraire, pourvu que la distance de la gare d'expédition à la gare de sortie fût inférieure au parcours de transit.

En ce qui concerne les tarifs de transit, les compagnies, tout en estimant qu'en fait il n'y avait rien à changer aux dispositions fixées par les décrets de 1862 et 1864, se sont engagées en 1883 à prêter leurs concours à l'État, si celui-ci leur signalait la nécessité de prendre de nouvelles mesures, pour défendre et développer le mouvement auquel les ports et les chemins de fer français peuvent légitimement prétendre.

Les tarifs d'importation ont été, à plusieurs reprises, l'objet des critiques les plus vives. On a accusé les compagnies de se servir de ces tarifs pour favoriser aux marchandises étrangères l'accès des marchés français, de détruire les effets des tarifs douaniers et de sacrifier, par conséquent, les intérêts de la production nationale. L'un des réquisitoires les plus complets qui aient été faits sur cette question se trouve dans le discours prononcé par M. Allain-Targé, le 16 février 1880, devant la Chambre des députés, à l'occasion d'un débat sur le taril général des douanes. Ce discours doit être mentionné spécialement, dit M. Picard, « parce qu'il a eu un grand retentissement dans le pays, parce qu'au lieu de considérations exclusivement générales, il est étayé d'un grand nombre de faits relatifs à la concurrence des houilles anglaise et belge contre la houille indigène ; à celle des produits métallurgiques et des papiers anglais contre les produits français analogues ; à l'importation des poissons pêchés sur le littoral britannique, des vins espagnols, des blés américains, des moutons allemands[1] ».

Nous ne pouvons pas entrer dans l'examen détaillé des diverses critiques faites aux tarifs d'importation; la question est complexe et délicate : les lecteurs désireux de l'approfondir en trouveront l'étude complète dans le quatrième volume du *Traité* de M. Picard. Ils y verront qu'il y a eu, en effet, un certain nombre d'abus dans l'établissement des tarifs d'importation et qu'il y avait une part de vérité dans les attaques dont ils ont été l'objet.

Les compagnies ont d'ailleurs pris, en 1883, l'engagement de se mettre à la disposition de l'administration pour modifier toute combinaison de prix, dont l'effet pourrait être d'altérer les conditions économiques résultant de notre régime douanier, sous la seule réserve que les marchandises qu'ils visent ne soient pas importées en France à plus bas prix par d'autres voies de transport. Cette dernière réserve est motivée par la concurrence que font aux chemins de fer français les voies ferrées étrangères et les voies maritimes et fluviales. Les formalités obligatoires de l'homologation, et l'in-

[1] A. Picard. *Traité des Chemins de fer*, t. IV, p. 472.

tervention du Comité consultatif des chemins de fer dans l'instruction de toutes les propositions de tarif relatives à l'importation, donnent d'ailleurs à ce point de vue toutes les garanties nécessaires à la sauvegarde des intérêts généraux.

Conditions générales d'application des tarifs spéciaux. — Indépendamment des clauses particulières insérées dans les tarifs, il existe un certain nombre de conditions communes à tous les tarifs spéciaux, ordinaires, d'exportation, de transit, communs ou non communs. Nous résumons ci-après les plus importantes.

La demande du tarif peut être faite (art. 1er) par l'une des formules suivantes : *tarif spécial, tarif réduit, tarif le plus réduit,* avec ou sans indication d'itinéraire.

L'une quelconque de ces mentions implique l'acceptation, par l'expéditeur, de toutes les conditions que comportent les tarifs à appliquer. Elle entraîne, pour les transporteurs, l'obligation d'appliquer, sur l'ensemble du parcours, la taxe totale la plus réduite, en soudant, s'il y a lieu, en un ou plusieurs points, les prix des tarifs spéciaux (intérieurs ou communs) soit entre eux, soit avec ceux des tarifs généraux quand aucune clause ne l'interdit, en se conformant, sur chaque réseau, au tarif spécial réglant les conditions de soudure, ainsi qu'aux dispositions ci-après :

Si l'expéditeur, après avoir inscrit l'une des mentions : *Tarif spécial, Tarif réduit, Tarif le plus réduit,* indique un itinéraire, la gare expéditrice appliquera le prix le plus réduit correspondant à cet itinéraire.

Si l'expéditeur n'indique pas d'itinéraire, la gare expéditrice doit choisir, même en dehors de son réseau, et, s'il y a lieu, par itinéraire détourné, la voie la plus économique pour l'expéditeur.

A défaut d'indication concernant la demande du tarif, l'expédition est faite aux prix et conditions des tarifs généraux.

Cette disposition, qui ne figure dans les conditions d'application des tarifs spéciaux que depuis quelques années, présente pour le public de grands avantages, puisqu'elle lui permet de bénéficier, par voie de *soudure des tarifs*, de la taxe totale la plus réduite, même par un itinéraire détourné empruntant plusieurs réseaux. Cette question de la soudure des tarifs, qui avait donné lieu autrefois à certaines difficultés, se trouve donc aujourd'hui résolue par l'art. 1er des conditions générales d'application des tarifs spéciaux. En outre le tarif spécial P.V. n° 29 de chaque réseau contient, dans son chapitre v, les *conditions de soudure* des tarifs. Ces conditions sont d'ailleurs différentes suivant les réseaux. Nous reproduisons ci-dessous à titre de renseignement celles du réseau du Nord, qui nous paraissent les plus simples dans la forme :

1° *Calcul de taxes.* — Chaque prix partiel est appliqué conformément aux conditions stipulées dans le tarif qui le prévoit et calculé séparément en tenant compte des maxima de distance, de poids et de perception, s'il y a lieu.

2° *Frais accessoires.* — Les frais accessoires sont perçus aux gares de départ et d'arrivée et aux points de jonction avec les réseaux voisins, conformément aux dispositions des tarifs appliqués ; il n'est rien ajouté aux points de soudure des différents prix, mais il n'est rien déduit des prix exceptionnels, à moins de stipulation contraire.

3° *Délais de parcours.* — Les délais de parcours des divers tarifs soudés s'ajoutent entre eux pour constituer le délai total de parcours, les délais d'expédition et de livraison n'étant comptés qu'une fois ; mais les allongements de délais spécifiés dans ces divers tarifs ne se cumulent pas et le plus grand seul est appliqué.

4° *Responsabilité.* — Si l'un des tarifs soudés comporte des stipulations spéciales quant à la responsabilité du chemin de fer, en cas de retard, ces stipulations s'appliquent à l'ensemble du parcours.

Des majorations de taxe sont, depuis la mise en vigueur de la loi Rabier, prévues pour certaines marchandises ; elles sont explicitement indiquées à l'article 2 des conditions communes d'application.

D'une manière générale et à moins d'indications contraires dans les tarifs, les chemins de fer peuvent prolonger de *cinq jours*, au delà des délais réglementaires, la durée des transports effectués aux conditions des tarifs spéciaux (art. 4).

Des prescriptions communes sont également édictées en ce qui concerne le chargement et le déchargement des marchandises, le plus souvent faits par le commerce, et au sujet des diverses formalités à accomplir pour la demande et la fourniture des wagons. (art. 6).

Quant à la clause des stations intermédiaires, elle figure dans les conditions communes sous la forme suivante :

Art. 10. — *Stations intermédiaires.* — Les animaux et les marchandises expédiés sous le régime des tarifs spéciaux ordinaires, communs ou non, en provenance ou à destination d'une gare non dénommée, mais intermédiaire entre deux gares dénommées, jouiront du bénéfice desdits tarifs en payant pour la distance entière comprise entre la première gare dénommée qui précède la gare expéditrice et la première gare dénommée qui suit la gare destinataire, si la taxe ainsi calculée est plus avantageuse pour l'expéditeur que celle des tarifs généraux ou spéciaux de chaque administration.

Les animaux et les marchandises expédiés sous le régime des tarifs spéciaux d'exportation, communs ou non, par une station française non dénommée, mais intermédiaire entre deux points dénommés, peuvent bénéficier des prix de ces tarifs en payant pour la distance entre le point dénommé qui précède la gare expéditrice et le port ou point frontière par où doit s'effectuer l'exportation, si la taxe ainsi calculée est plus avantageuse que celle des tarifs généraux ou spéciaux de chaque administration.

Ne sont considérées comme intermédiaires entre deux gares dénommées que les gares situées sur l'itinéraire le plus court entre chacune des gares dénommées et les points de transit indiqués au tarif. Toutefois, et nonobstant le passage par la Grande Ceinture, Paris continuera d'être traité comme gare intermédiaire. Les seules gares de Paris considérées comme intermédiaires sont les gares situées sur l'itinéraire le plus direct entre la gare expéditrice et la gare destinataire en empruntant les rails de la Petite Ceinture.

Quand un tarif commun stipule l'application d'un barème pour les transports entre une gare quelconque d'un réseau et une gare quelconque d'un autre réseau, sous condition d'un parcours empruntant les deux réseaux, la clause ci-dessus s'appliquera comme si chacune des gares de ces deux réseaux était dénommée pour ses relations avec chacune des gares de l'autre réseau.

Convention internationale de Berne. — Les transports internationaux sont régis, en ce qui concerne les obligations des transporteurs vis-à-vis du public, par les dispositions d'une convention passée à Berne, en 1890, entre la France, l'Allemagne, l'Autriche-Hongrie, la Belgique, le Danemark, l'Italie, les Pays-Bas, le Luxembourg, la Suisse et la Roumanie.

Il est d'ailleurs rappelé, dans les conditions générales d'application des tarifs spéciaux, que les transports effectués entre les territoires de deux États contractants sont soumis aux stipulations de cette convention et en outre aux conditions générales d'application, en tout ce qui n'est pas contraire à ces stipulations.

L'un des principaux progrès réalisés par la convention de Berne consiste dans ce fait, que les diverses administrations de chemins de fer des États contractants se sont engagées à effectuer les transports internationaux de bout en bout, en vertu d'un contrat unique, fait au point d'expédition. On comprend l'importance d'une pareille stipulation en présence des divergences considérables qui existent dans le régime des chemins de fer des différents pays. La convention édicte, pour les transports dont il s'agit, tout un ensemble de prescriptions qui constituent en réalité les conditions d'applications des tarifs internationaux.

Parmi les dispositions les plus importantes de cette convention, nous citerons celle qui est relative à la responsabilité des transporteurs, dont les clauses avaient été rendues applicables aux transports par chemins de fer en France, à l'époque où, voulant supprimer l'ancienne clause des tarifs spéciaux (*la compagnie ne répond pas des déchets et avaries de route*), on ne s'était pas encore résolu à accepter la solution radicale de la loi Rabier.

Ces clauses sont ainsi conçues :

Le chemin de fer n'est pas responsable :

1° De l'avarie survenue aux marchandises qui, en vertu des prescriptions des tarifs, ou des conventions passées avec l'expéditeur et mentionnées dans la lettre de voiture, sont transportées en wagons découverts, en tant que l'avarie sera résultée du danger inhérent à ce mode de transport ;

2° De l'avarie survenue aux marchandises qui, suivant la déclaration de l'expéditeur dans la lettre de voiture, sont remises en vrac ou avec un emballage défectueux, quoique, par leur nature et pour être à l'abri des pertes et avaries, elles exigent un emballage, en tant que l'avarie sera résultée du manque ou de l'état défectueux de l'emballage ;

3° De l'avarie survenue aux marchandises qui, en vertu des prescriptions des tarifs ou des conventions passées avec l'expéditeur, et mentionnées dans la lettre de voiture, en tant que de telles conventions sont autorisées sur le territoire de l'État où elles sont

appliquées, ont été chargées ou déchargées par le destinataire, en tant que l'avarie sera résultée du danger inhérent à l'opération du chargement et du déchargement ou d'un chargement défectueux ;

4° De l'avarie survenue aux marchandises qui, pour des causes inhérentes à leur nature, sont exposées au danger particulier de se perdre en tout ou en partie ou d'être avariées, notamment à la suite de bris, rouille, détérioration intérieure et spontanée, coulage extraordinaire, dessiccation et déperdition, en tant que l'avarie est résultée de ce danger ;

5° De l'avarie survenue aux animaux vivants, en tant que l'avarie est résultée du danger particulier que le transport de ces animaux entraîne pour eux ;

6° De l'avarie survenue aux marchandises et bestiaux dont le transport, aux termes des tarifs ou des conventions passées avec l'expéditeur et mentionnées dans la lettre de voiture, ne s'effectue que sous escorte, en tant que l'avarie est résultée du danger que l'escorte a pour but d'écarter.

Si, eu égard aux circonstances de fait, l'avarie a pu résulter de l'une des causes susmentionnées, il y aura présomption que l'avarie résulte de l'une de ces causes, à moins que l'ayant droit n'établisse le contraire.

L'application de ces clauses aux chemins de fer français n'a d'ailleurs duré que pendant une période transitoire assez courte, leur date d'application étant du 1er janvier 1901 et la loi Rabier du 17 mars 1905. Actuellement ces clauses ne sont plus applicables qu'aux transports effectués en trafic international.

CHAPITRE III

FRAIS ACCESSOIRES. — DÉLAIS DE TRANSPORT. — FACTAGE CAMIONNAGE. — SERVICES DE L'ÉTAT

§ 1er. — Frais accessoires. — Enregistrement, manutention, transmission, pesage, comptage, magasinage, stationnement des wagons, désinfection.

§ 2. — Délais de transport. — Grande et petite vitesse.

§ 3. — Factage, camionnage. — Dispositions de l'article 52 du cahier des charges. — Encombrement des quais à marchandises. — Camionnage d'office.

§ 4. — Services de l'Etat. — Transports militaires, service des postes, service télégraphique, transport des prisonniers, circulation des agents du contrôle, des douanes et des contributions indirectes. — Economies réalisées.

§ 1er. — FRAIS ACCESSOIRES

Les marchandises transportées par chemins de fer en grande ou en petite vitesse ont à payer, indépendamment des taxes fixées par les tarifs, certains frais que nécessite leur manutention et qui sont déterminés par le ministre des Travaux publics sur la proposition des compagnies (article 60 du cahier des charges). Ces frais ont été fixés comme il suit par un arrêté ministériel du 27 octobre 1900 (le dernier qui soit intervenu pour leur règlement) :

1° *Frais d'enregistrement :* 10 centimes par expédition de bagages, messageries, marchandises, denrées, etc., et chiens, impôt compris, sans distinction de transport ni de taxes ;

Pour les marchandises empruntant plusieurs réseaux, ce droit est perçu seulement à la gare expéditrice.

Moyennant cette taxe, les compagnies sont tenues d'inscrire sur des registres toutes les marchandises qui leur sont remises au transport avec une déclaration d'expédition ; elles délivrent en outre à l'expéditeur un récépissé qui tient lieu de lettre de voiture, et dont la forme et les indications sont arrêtées par le ministre.

2° *Frais de manutention :*

Pour la grande vitesse : 1,50 fr. par tonne (impôt compris). Sont exempts

de tout droit de manutention les expéditions d'un poids inférieur à 40 kilogrammes, les articles taxés à la valeur et les chiens.

Pour la petite vitesse :

Marchandises transportées sans condition de tonnage : 1,50 fr. par tonne.

Marchandises transportées par expédition de 4000 kilogrammes et au-dessus ou par wagon complet : 1 fr. par tonne.

Ces frais se décomposent comme il suit :

	Sans condition de tonnage.	Par wagon complet.
	—	—
Chargement au départ	0,40 fr.	0,30 fr.
Frais de gare au départ	0,35 —	0,20 —
— à l'arrivée	0,35 —	0,20 —
Déchargement à l'arrivée	0,40 —	0,30 —
Totaux	1,50 fr.	1,00 fr.

Ces frais sont applicables par fraction indivisible de 10 kilogrammes.

Pour les marchandises transportées par wagon complet et lorsque le chargement et le déchargement des marchandises sont laissés par les tarifs aux soins des expéditeurs et des destinataires, il est déduit des frais de manutention 0,30 fr. par tonne pour chacune de ces opérations ; mais les frais de gare sont dus dans tous les cas.

Sont exemptes de tout frais de chargement, de déchargement et de gare les expéditions ne pesant pas plus de 40 kilogrammes.

Moyennant le paiement de ces frais, les réseaux sont tenus de faire par eux-mêmes le chargement sur wagons des marchandises déposées par les expéditeurs sur les quais de la gare de départ et le déchargement à l'arrivée pour mettre ces marchandises à la disposition des destinaires sur les quais de la gare.

Les frais de manutention sont habituellement ajoutés aux prix résultant de l'application des barèmes kilométriques. Autrefois on rencontrait dans les tarifs nombre de barèmes qui englobaient ces frais ; mais ces cas deviennent de plus en plus rares.

Quand il s'agit de prix fermes, il arrive assez souvent que ces frais y sont compris; dans le cas contraire, on doit les ajouter, comme dans le cas d'application de barèmes.

En ce qui concerne les voitures et animaux, les frais de manutention sont fixés, en grande et en petite vitesse, aux chiffres ci-après :

Voitures	2 fr. par pièce.	
Bœufs, vaches, taureaux, etc.	1 fr.	par tête.
Veaux, porcs, chevreuils	0,40 fr.	par tête.
Moutons, brebis, agneaux, chèvres	0,20 —	par tête.

Ils ne comprennent pas de frais de gare et sont divisibles par moitié, en

petite vitesse, en frais de chargement au départ et de déchargement à l'arrivée.

Il est à remarquer que les frais de manutention, en grande vitesse, sont indivisibles, et que le chargement et le déchargement sont toujours faits par le chemin de fer.

3° *Frais de transmission.* — Aux gares de jonction d'une ligne avec une autre ligne, concédée à une compagnie différente, il est perçu, pour les expéditions en petite vitesse, un droit de 0,40 fr. par tonne, applicable par fraction indivisible de 10 kilogrammes et à partager par moitié entre les deux compagnies. Moyennant la perception de ce droit, les frais de manutention ne sont perçus qu'une fois, à l'expédition primitive et à la destination définitive.

Le droit de transmission n'est pas dû aux points de jonction des embranchements particuliers.

Les frais de transmission constituent une dépense qui grève indûment la marchandise et qui devrait être supprimée, si l'on voulait faire passer dans la pratique l'excellent principe posé par la circulaire ministérielle du 2 novembre 1881 et d'après lequel le public ne devrait pas avoir « à se préoccuper de la répartition conventionnelle des lignes entre les diverses compagnies concessionnaires ou administrations exploitantes », de telle sorte « que l'ensemble des chemins de fer français constitue à ce point de vue un seul et unique réseau ». Cet idéal est loin d'être réalisé, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer, et la répartition des lignes entre différentes compagnies continue d'imposer aux marchandises qui transitent d'un réseau sur l'autre des frais spéciaux qui ne sont pas toujours justifiés, puisque dans bien des cas, il n'y a pas plus de dépense pour un réseau de chemin de fer à transmettre une marchandise à un réseau voisin qu'à la faire passer d'une ligne à une autre de son propre réseau.

Lorsque la transmission se fait entre deux lignes dont la largeur de voie est différente, il est perçu, au lieu du droit de 0,40 fr., un droit de 0,70 fr. qui s'applique alors au *transbordement* et qui est à partager comme suit :

0,40 fr. de frais de gare, à partager entre les deux compagnies ;
0,30 fr. pour la compagnie qui effectue les opérations du transbordement.

Il ne doit pas être perçu de frais de transbordement aux points de jonction de lignes dont la largeur de voie est différente, lorsque ces lignes sont exploitées par un même concessionnaire.

4° *Pesage.* — Le pesage des marchandises est une opération qui est imposée à la compagnie et sans frais pour le public, puisqu'elle est indispensable pour établir la taxe. Mais le commerce peut avoir intérêt à en demander

une autre, dans un but de vérification. C'est ce pesage qui est réglementé comme suit par l'arrêté du 27 octobre 1900.

Pesage. — Il est perçu, pour toute marchandise qui, sur la demande de l'expéditeur ou du destinataire, serait soumise à un pesage en dehors de celui que les compagnies doivent faire à leurs frais, au départ, pour établir la taxe : un droit de 0,10 fr. par fraction indivisible de 100 kilogrammes et par chaque pesage supplémentaire.

Lorsque le pesage a lieu par camion ou voiture ou par wagon complet passé à la bascule, ce droit est de :

0,30 fr. par tonne indivisible, avec un minimum de 0,75 fr. et un maximum de 2 francs par voiture ou camion, un minimum de 1 franc par wagon et un maximum de 2 francs par wagon de 10 tonnes et au-dessous, de 3 francs par wagon de plus de 10 tonnes.

Dans ce cas, les compagnies doivent, sur la demande des intéressés, délivrer gratuitement un bulletin constatant le poids des marchandises pesées.

La taxe du pesage supplémentaire n'est pas exigible si ce pesage constate une erreur commise au préjudice de l'expéditeur ou du destinataire.

5° *Comptage.* — L'expéditeur peut demander le comptage de ses colis ; le nombre des pièces composant l'expédition doit dans ce cas être mentionné sur le récépissé qui lui est remis. Les conditions d'application des tarifs généraux PV contiennent à ce point de vue les dispositions suivantes :

Toutefois, l'indication du nombre des pièces composant une expédition n'est pas obligatoire :

1° Lorsque l'expédition se compose d'objets en vrac, tels que planches, douelles, briques, tuiles, etc. ;

2° Lorsque le chargement a été effectué par l'expéditeur et que le comptage ne peut se faire de l'extérieur du wagon sans toucher au chargement.

Lorsque, sur la demande de l'expéditeur, il est procédé au comptage des pièces composant une expédition qui comporte plus de 20 pièces à la tonne et que le nombre des pièces expédiées est supérieur à 10, il est perçu une taxe fixe de 0,15 fr. pour chaque groupe ou fraction de groupe de 20 pièces, avec minimum de 1 franc et maximum de 3 francs par wagon quand il s'agit d'une expédition par wagon complet.

En aucun cas, il ne peut être réclamé de taxe de comptage lorsque les colis portent chacun une marque et un numéro distinct mentionnés sur la déclaration d'expédition.

6° *Magasinage.* — Dans le but d'éviter que les gares soient encombrées par les marchandises, il est spécifié que leur enlèvement par les destinataires doit avoir lieu dans un certain délai ; passé ce délai, des droits de magasinage sont perçus, ainsi qu'il est indiqué ci-après :

Les marchandises doivent être enlevées dans le courant de la journée où elles ont été mises à la disposition du destinataire, pourvu que l'avis ait été adressé à l'intéressé de façon à lui parvenir la veille avant six heures du soir, pour les transports par wagons dont la manutention est faite par les particuliers, et avant midi pour les expéditions partielles et les chargements complets manutentionnés par la compagnie. Dans le cas contraire, le délai assigné au destinataire pour l'enlèvement est augmenté de vingt-quatre heures.

Les dispositions du présent article ne portent pas atteinte à l'obligation qui incombe à la compagnie de tenir les marchandises à la disposition du destinataire à l'expiration

du délai qui lui est imparti pour le transport, par le cahier des charges et par les actes intervenus pour son exécution.

Lorsque les marchandises de petite vitesse adressées en gare ne sont pas enlevées, pour quelque cause que ce soit, dans les délais déterminés ci-dessus, il est perçu pour le magasinage, un droit fixé, par fraction indivisible de 100 kilogrammes, à :

0,05 fr. pour les trois premières périodes de vingt-quatre heures;
0,10 fr. pour la quatrième période de vingt-quatre heures;
0,15 fr. pour la cinquième période de vingt-quatre heures;
0,20 fr. pour chaque période de vingt-quatre heures en sus des précédentes.
Dans tous les cas le minimum de perception est fixé à 0,10 fr.

Les droits ci-dessus fixés sont également applicables aux marchandises adressées à domicile et dont le destinataire serait absent ou inconnu, ou refuserait de prendre livraison, à la condition qu'avis de ces circonstances sera adressé immédiatement par les compagnies à l'expéditeur ou au cédant.

Dans ce cas, les frais de retour des colis à la gare sont à la charge de la marchandise.

Les mêmes droits de magasinage seront perçus ,au départ et dès l'expiration des vingt-quatre heures qui suivront la remise en gare, pour les marchandises que les compagnies consentiraient, sur la demande de l'expéditeur, à conserver sur leurs quais ou dans leurs magasins, au delà de ce délai, les compagnies n'étant tenues, d'ailleurs, d'accepter que les marchandises prêtes à être expédiées.

Pour les colis de grande vitesse les prescriptions sont les mêmes, mais le droit reste fixé à 0,10 fr. pour la quatrième période de vingt-quatre heures, ainsi que pour les suivantes.

Il y a lieu de remarquer que l'envoi de la lettre d'avis dont il est question ci-dessus est facultatif pour le chemin de fer. Si le transporteur ne juge pas utile de l'envoyer pour faire courir les délais d'enlèvement, le destinataire est obligé de s'enquérir lui-même de l'arrivée de ses marchandises.

Pour éviter cet inconvénient, on a souvent demandé que l'envoi d'une lettre d'avis fût rendu obligatoire par la compagnie, dès l'arrivée de la marchandise, ce qui aurait le double avantage d'éviter pour le public des retards dans la livraison, et pour la compagnie l'encombrement de ses gares. Mais on a fait remarquer, par contre, que cette mesure n'aurait pas de sanction, faute pour le public de pouvoir connaître la date de l'arrivée effective des marchandises.

Tout expéditeur peut, d'ailleurs, obtenir avis direct, par la gare destinataire, de la livraison de cette marchandise, en payant à la gare de départ une taxe spéciale de 0,15 fr. pour *avis de livraison.*

En ce qui concerne les bagages déposés par les voyageurs dans les gares avant le départ ou à l'arrivée des trains, le droit perçu est fixé comme il suit :

0,05 fr. pour chacune des trois premières périodes de vingt-quatre heures;
0,10 fr. pour la quatrième période de vingt-quatre heures;
0,15 fr. pour la cinquième période de vingt-quatre heures;
0,20 fr. pour chaque période de vingt-quatre heures en sus des précédentes.

Ces taxes sont doublées lorsqu'il s'agit d'objets encombrants, tels que glaces, pianos, voitures, machines, etc.

Le minimum de perception est, dans tous les cas, fixé à 0,10 fr.

7° *Stationnement des wagons* (arrêté ministériel du 18 février 1903). — Lorsque le chargement ou le déchargement des wagons doivent être faits par l'expéditeur ou le destinataire, il leur est accordé pour cela un certain délai (une journée, pourvu que le wagon ait été mis à leur disposition à l'heure réglementaire d'ouverture de la gare). Passé ce délai, il est perçu un droit de stationnement par wagon et par jour de retard, ainsi fixé :

10 francs pour chacune des trois premières périodes de vingt-quatre heures ;
12 francs pour chaque période de vingt-quatre heures en sus des trois premières.

Rappelons à ce sujet que, d'après un arrêté ministériel du 12 juin 1866, les heures d'ouverture et de fermeture des gares ont été fixées comme il suit :

Pour la grande vitesse, du 1er avril au 30 septembre, 6 heures du matin et 8 heures du soir ; du 1er octobre au 31 mars, 7 heures du matin et 8 heures du soir.

Pour la petite vitesse, du 16 mars au 15 octobre, 6 heures du matin et 6 heures du soir ; du 16 octobre au 15 mars, 7 heures du matin et 5 heures du soir.

Les dimanches et jours fériés, les gares sont fermées, pour la petite vitesse seulement, à partir de 9 heures du matin, sauf en ce qui concerne les transports d'animaux vivants, volailles, poissons, denrées, pour lesquels la fermeture n'a lieu qu'à 10 heures.

8° *Désinfection des wagons* (arrêté du 28 février 1903). — Les wagons ayant servi au transport des animaux doivent être désinfectés par les soins des compagnies de chemin de fer. Le prix de cette désinfection, payé par les expéditeurs, est ainsi fixé :

0,40 fr. par cheval, poulain, âne, mulet ;
0,30 fr. par bœuf, taureau, vache, biche, cerf, daim ;
0,15 fr. par veau, porc ou chevreuil ;
0,05 fr. par mouton, agneau, brebis, chèvre ;

Toutefois, pour les transports d'un même expéditeur, la taxe ne peut dépasser : 2 francs par wagon à un seul plancher et 3 francs par wagon à deux planchers.

§ 2. — DÉLAIS DE TRANSPORT

D'après l'article 50 du cahier des charges, les marchandises doivent être expédiées et livrées dans les délais résultant des conditions ci-après :

« 1° Les animaux, denrées, marchandises et objets quelconques, à grande vitesse, seront expédiés par le premier train de voyageurs contenant des voitures de toutes classes, et correspondant avec leur destination, pourvu qu'ils aient été présentés à l'enregistrement trois heures avant le départ de ce train.

« Ils seront mis à la disposition des destinataires, à la gare, dans le délai de deux heures après l'arrivée du même train.

« 2° Les animaux, denrées, marchandises et objets quelconques, à petite vitesse, seront expédiés dans le jour qui suivra la remise ; toutefois, l'administration supérieure pourra étendre ce délai à deux jours.

« Le maximum de durée du trajet sera fixé par l'administration, sur la proposition de la compagnie, sans que ce maximum puisse excéder vingt-quatre heures par fraction indivisible de 125 kilomètres. Les colis seront remis à la disposition des destinataires dans le jour qui suivra celui de leur arrivée en gare.

« Le délai total résultant des trois paragraphes ci-dessus sera seul obligatoire pour la compagnie. »

En fait, ces dispositions ent été quelque peu modifiées par des arrêtés ministériels du 12 juin 1866, du 6 décembre 1878 et du 3 novembre 1879 :

En ce qui concerne la grande vitesse, le transport des marchandises a été exclu des trains express et poste comportant des voitures de 2e et de 3e classe, nommément désignés sur les livrets de la marche et portés à la connaissance du public.

En ce qui concerne la petite vitesse, des plaintes se sont élevées depuis longtemps et à plusieurs reprises contre la durée excessive des délais de transport. La Commission d'enquête de 1863, présidée par M. Michel Chevalier, avait déjà demandé le remplacement du chiffre de 125 kilomètres fixé par le cahier des charges, par celui de 200 kilomètres.

Cette mesure a été peu à peu adoptée sur tous les réseaux, mais pour un certain nombre de lignes seulement, celles où le service des trains de marchandises est organisé de manière à permettre un transport plus rapide ; les délais de transport sont ainsi fixés sur les lignes dont il s'agit par l'article 51 des conditions d'application des tarifs généraux :

« Sur les lignes ou sections de réseaux, désignées à la suite du présent paragraphe, et dans les deux sens, tant pour les parcours partiels que pour le parcours total, la durée du trajet sera réduite à vingt-quatre heures par fraction indivisible de 200 kilomètres, pour les animaux ainsi que pour les marchandises taxées aux prix de la 1re, de la 2e, de la 3e et de la 4e série des tarifs généraux de chaque compagnie, conformément à la classification générale en vigueur approuvée par décisions ministérielles et, en général, pour toutes les marchandises, denrées et objets quelconques qui, rangés dans les séries inférieures, seraient taxés au prix de la 4e série sur la demande des expéditeurs.

Suit la liste des lignes dont il s'agit, qui comprend naturellement, sur les divers réseaux, les lignes les plus importantes et les mieux desservies au point de vue du service des trains.

Quant aux délais de transmission de réseau à réseau, ils ont été fixés comme suit par les arrêtés ministériels.

1° *Grande vitesse.* — Le délai est de trois heures, à partir de l'arrivée du train, pour les gares communes, et de six heures (non compris le temps de fermeture des gares), pour les gares distinctes en communication par rails ;

2° *Petite vitesse.* — Le délai est d'un jour supplémentaire pour les gares communes, et de deux jours pour les gares distinctes en communication par rails.

§ 3. — FACTAGE. CAMIONNAGE

On désigne sous ce nom l'opération qui consiste à transporter les marchandises du domicile de l'expéditeur à la gare de départ, ou de la gare d'arrivée au domicile du destinataire. L'opération prend le nom de *factage* quand il s'agit de la grande vitesse et celui de *camionnage* pour la petite vitesse. Cette question a été réglée de la manière suivante par le cahier des charges :

« Art. 52. — La compagnie sera tenue de faire, soit par elle même, soit par un intermédiaire dont elle répondra, le factage et le camionnage pour la remise au domicile des destinataires de toutes les marchandises qui lui sont confiées.

« Le factage et le camionnage ne seront point obligatoires en dehors du rayon de l'octroi, non plus que pour les gares qui desserviraient soit une population agglomérée de moins de 5 000 habitants, soit un centre de population de 5 000 habitants situé à plus de 3 kilomètres de la gare du chemin de fer :

« Les tarifs à percevoir seront fixés par l'administration sur la proposition de la compagnie. Ils seront applicables à tout le monde sans distinction.

« Toutefois, les expéditeurs et les destinataires resteront libres de faire eux-mêmes et à leurs frais le factage et le camionnage des marchandises. »

On voit que, si le factage et le camionnage des marchandises *à l'arrivée* est obligatoire pour les compagnies, il ne l'est pas pour les marchandises *au départ*. En fait, dans toutes les villes où un service est organisé pour l'arrivée, il fonctionne aussi pour le départ. Quant aux tarifs appliqués, ils varient dans des limites assez étendues, suivant l'importance des localités desservies. Ils sont d'ailleurs approuvés par le ministre et publiés au recueil Chaix, à la suite des tarifs spéciaux de chaque réseau.

La faculté laissée au public, par le dernier alinéa de l'article 52 du cahier des charges, de faire lui-même le factage et le camionnage, a pour conséquence l'obligation pour la compagnie de conserver les marchandises arrivées en gare pendant un temps plus ou moins long. Nous avons déjà vu[1] que cette obligation conduit à donner aux halles et aux quais à marchandises des dimensions assez considérables.

Il est arrivé, dans certains cas, que les surfaces de ces quais se sont trouvées insuffisantes : il en est résulté un encombrement des gares et une immobilisation du matériel roulant très préjudiciables à la marche du service.

[1] IIIe partie, t. II, p. 53.

En 1871, l'encombrement des gares, par suite du trouble apporté dans les transports par la guerre de 1870-1871, a pris des proportions telles que le gouvernement a dû prendre des mesures pour y porter remède.

Un arrêté ministériel du 10 octobre 1871 a autorisé les compagnies, à titre provisoire, « à faire camionner d'office, soit au domicile du destinataire, soit dans un magasin public, toutes les marchandises qui, adressées en gare à un point quelconque de leurs réseaux, ne seraient pas enlevées dans les quarante-huit heures de la mise à la poste de la lettre d'avis écrite par la compagnie au destinataire, les frais de ce camionnage étant calculés d'après les tarifs homologués ». Cet arrêté s'appliquait indistinctement aux marchandises à quai ou laissées sur les wagons pour être déchargées par les destinataires. Un second arrêté, du 12 janvier 1872, est venu modifier le premier pour autoriser le camionnage d'office des marchandises qui ne seraient pas enlevées dans la *journée du lendemain* de la mise à la poste de la lettre d'avis.

L'arrêté de 1872 n'a pas été rapporté, et ses dispositions figurent actuellement à l'article 56 des conditions d'application des tarifs généraux, sous la forme suivante :

Camionnage d'office. — Les compagnies sont autorisées à faire camionner d'office toute marchandise adressée en gare qui ne serait pas enlevée dans un délai de quarante-huit heures, à dater de l'expiration du délai imparti pour son enlèvement par les Arrêtés ministériels en vigueur. Le camionnage est fait au domicile du destinataire s'il est connu, et dans un magasin public, dans le cas contraire.

Les frais de camionnage sont calculés d'après les tarifs fixés par le ministre des Travaux publics (décret du 11 août 1902).

Le camionnage d'office ou le camionnage obligatoire existent dans plusieurs pays étrangers, et notamment en Angleterre, où le camionnage doit être fait par la compagnie, à l'arrivée et au départ, partout où elle a un service organisé. Il en résulte que les quais des gares peuvent avoir et ont en effet une surface très restreinte, puisque les marchandises ne font qu'y passer et n'y séjournent jamais. Cette disposition, qui a l'avantage de permettre aux gares une élasticité considérable de trafic, n'est achetée, en définitive, qu'au prix de la suppression du camionnage facultatif; le régime anglais nous paraît, à ce point de vue, bien supérieur à celui qui est usité en France.

§ 4. — SERVICES DE L'ÉTAT

Les articles 54 à 58 du cahier des charges contiennent les stipulations relatives à divers services publics ; ils réservent à l'État des franchises ou des réductions de taxe en faveur de certains transports.

Elles s'appliquent :

1° Aux transports militaires ;

2° Au service des postes ;

3° Au service télégraphique ;

4° Au transport des prisonniers ;

5° A la circulation des agents du contrôle, des douanes et des contributions indirectes, voyageant pour raison de service.

Voici les stipulations faites à cet égard.

Les militaires ou marins, voyageant en corps ou isolément et munis d'une feuille de route, ne sont assujettis qu'au quart de la taxe ordinaire, ainsi que leurs chevaux et leurs bagages. Le prix est élevé à la moitié de la taxe, si les transports s'opèrent sur réquisition et par grandes masses.

L'administration des postes dispose tous les jours, sur toutes les lignes, et gratuitement, d'un train régulier dans chaque sens pour le transport de ses dépêches ; elle le compose et en règle l'itinéraire comme elle le désire ; elle y place le nombre de bureaux ambulants et de fourgons qui lui sont nécessaires. En outre, elle a le droit de se servir gratuitement de deux compartiments de 2e classe dans chaque train régulier de voyageurs et de marchandises ; elle peut même y introduire une voiture entièrement destinée à son service.

L'administration des télégraphes a la faculté de placer le long des voies les constructions et les appareils nécessaires à son service ; la garde de ses poteaux et de ses fils est faite par la compagnie ; elle dispose en outre dans les stations de bureaux destinés à la transmission des dépêches privées.

Le transport des prisonniers est fait, moyennant la moitié du tarif de la 3e classe, dans des voitures cellulaires appartenant au ministère de l'Intérieur. Si les voitures sont fournies par la compagnie, on ajoute à la taxe des personnes 0,20 fr. par voiture et par kilomètre.

Enfin les agents du contrôle, des douanes et des contributions indirectes jouissent de la libre circulation dans l'étendue de leur service.

D'après les comptes rendus statistiques publiés par le ministère des Travaux publics, les économies réalisées par l'État par suite de l'application des clauses du cahier des charges se sont élevées pour l'année 1904 à 94 577 477 francs, soit à 2 403 francs par kilomètre exploité.

CHAPITRE IV

LES TARIFS ÉTRANGERS

§ 1. — Tarifs des voyageurs : Belgique, Hongrie, Autriche, Hollande, Allemagne, Angleterre, Suisse, Italie, Russie.

§ 2. — Tarifs des marchandises : Allemagne, Autriche-Hongrie, Suisse, Russie, Pays-Bas, Belgique, Italie, Angleterre.

L'étude complète de la tarification des chemins de fer étrangers ne saurait être faite ici ; elle nous entraînerait à des développements hors de proportion avec le cadre de cet ouvrage. Nous ne pouvons que renvoyer le lecteur, qui voudrait approfondir cette question, au *Traité général des Tarifs des Chemins de fer*, de M. Ulrich[1], et au *Traité des Chemins de fer* de M. Picard[2], dans lesquels elle est exposée d'une manière fort complète.

Des modifications assez notables ont d'ailleurs été apportées à la tarification de certains chemins de fer étrangers depuis la publication de ces deux ouvrages. Nous ferons connaître les principales, en nous bornant à un examen sommaire de la question, qui a été également traitée par M. Bricka dans son *Cours de Chemins de fer*[3].

§ 1er. — TARIFS DES VOYAGEURS

Belgique. — En Belgique les chemins de fer sont presque tous exploités par l'État. Dès 1866, le réseau de l'État belge a pris l'initiative d'une mesure hardie, qui consistait à substituer au tarif proportionnel employé jusqu'alors pour les voyageurs un tarif différentiel établi d'après les règles qui se sont

[1] Paris, 1890.

[2] Paris, 1887, tome IV.

[3] On consultera avec fruit, sur cette importante question, les rapports rédigés à l'occasion du Congrès international des chemins de fer à Washington (1905) sur la *Tarification des marchandises à petite vitesse* par MM. Mange, pour la France, la Belgique, l'Italie, l'Espagne et le Portugal, Harry Smart, pour l'Angleterre et W.-J. Overbeek de Meyer pour les autres pays (*Bulletin du Congrès*, 1904).

plus tard, sous le nom de tarif belge, généralisées dans les autres pays pour la taxation des marchandises, c'est-à-dire un tarif à base décroissante avec la distance. Les réductions accordées commençaient à 35 kilomètres et, à 200 kilomètres, elles atteignaient près de 60 p. 100. L'effet de la réforme fut d'augmenter dans une notable proportion (35 p. 100 environ) le nombre des voyageurs au delà de 35 kilomètres. Mais il en résulta une perte de recettes assez forte, pour qu'en 1881 on crût devoir modifier de la manière suivante les tarifs de 1866 ; les prix de voyages à moins de 35 kilomètres furent réduits de 12 p. 100 environ et ceux des voyages à des distances supérieures furent augmentés de manière à se rapprocher beaucoup des prix antérieurs à 1866. On établit en même temps des billets d'aller et retour avec 20 p. 100 de réduction.

L'effet de cette réforme a été heureux pour le développement des voyages et, malgré quelques pertes de recettes qui se sont produites dans les premières années, on peut dire que les résultats en sont très satisfaisants.

Actuellement, les prix par kilomètre des billets voyageurs sont fixés en Belgique par un arrêté du 20 janvier 1897 qui a en même temps supprimé les taxes supplémentaires prévues antérieurement pour l'emprunt des trains express. Ils sont indiqués ci-après. On remarquera que les prix ne sont pas les mêmes pour le service intérieur et pour le service international. En outre, les prix qui sont indiqués pour la 1re classe, en service intérieur, ne peuvent s'appliquer que pour les relations desservies en Belgique par les trains internationaux, car les voitures de 1re classe ont été supprimées depuis quelques années dans tous les trains belges du service intérieur. Elles sont remplacées par des voitures dites « réservées » ou, dans certains trains, par des wagons-salons. Pour y avoir accès, les voyageurs porteurs de billets de 2e classe du service intérieur doivent payer un supplément de 3 centimes par kilomètre avec minimum de 20 centimes.

Voici les prix fixés par l'arrêté du 20 janvier 1897 :

	BILLETS SIMPLES			BILLETS D'ALLER ET RETOUR réduction à 20 p. 100.		
	1re classe.	2e classe.	3e classe.	1re classe.	2e classe.	3e classe.
	cent.	cent.	cent.	cent.	cent.	cent.
Service intérieur.	9,45	6,3787	3,78	15,12	10,206	6,048
Service international.	9,45	7,09	4,73	15,12	11,344	7,568

Il est délivré, depuis 1893, sur le réseau de l'État belge, des cartes donnant droit à la libre circulation pendant quinze jours sur les 3 260 kilomètres du réseau ; les prix ont été fixés comme suit : 50 francs en 1re classe, 38 francs en 2e classe, 25 francs en 3e classe.

Rappelons que des cartes analogues sont également délivrées toute l'année sur le réseau de l'État français.

Hongrie. — Nous empruntons à M. Bricka les intéressants renseignements qui suivent sur la réforme des tarifs de voyageurs sur le réseau d'État en Hongrie[1]. Cette réforme, réalisée en 1889, a eu un grand retentissement, tant à cause de son importance que des résultats qu'elle a produits.

« Jusqu'en 1888, dit M. Bricka, la Hongrie était le pays de l'Europe où on voyageait le moins ; la recette des voyageurs n'y atteignait pas le cinquième de la recette totale, d'ailleurs assez peu élevée (16 000 francs par kilomètre), alors qu'en général elle est presque de la moitié. L'abaissement des tarifs présentait un intérêt à la fois économique et politique : un intérêt économique, au point de vue du développement des relations commerciales et industrielles ; un intérêt politique, au point de vue de la fusion des races nombreuses entre lesquelles le territoire est réparti.

« Le programme de la réforme a été le suivant :

« 1° Adopter un tarif par zones ;

« 2° Faciliter d'une manière exceptionnelle les relations à très courte et à très longue distance ;

« 3° Abaisser partout les prix dans une forte proportion. »

La principale cause du peu d'activité des voyages était l'élévation des tarifs, qui étaient ainsi fixés (y compris un impôt de 20 p. 100) :

	1re CLASSE	2e CLASSE	3e CLASSE
	—	—	—
	cent.	cent.	cent.
Trains mixtes	13,50	9	5,50
— omnibus	15	10,50	7,50
— express	17,40	12,25	8,70

La nouvelle tarification adoptée comprend deux parties :

1° Un tarif général à toute distance, comportant 13 zones de 25 ou de 15 kilomètres, et une 14e zone partantdu 225e kilomètre et allant jusqu'aux limites du territoire. Le tarif, applicable aux trains ordinaires, est majoré pour l'usage des trains express de 20 p. 100 en 1re et en 3e classe et de 25 p. 100 en 2e classe. Tous les billets à prix réduits sont supprimés. La réduction moyenne réalisée est d'environ 40 p. 100 sur les anciens tarifs généraux et de 25 p. 100 sur les taxes effectivement perçues en tenant compte des anciens billets de prix réduits.

2° Un tarif spécial de banlieue à deux zones, applicable non seulement à

[1] Consulter sur cette question deux articles de M. A. Mange. *Revue générale des Chemins de fer*, avril 1892 et avril 1896.

la banlieue des grandes villes, mais à toutes les relations à courte distance. Les prix sont calculés, non pas suivant la distance, mais d'après le nombre des stations. La 1re zone comprend la première station et la halte qui la suit immédiatement; la 2e zone comprend la 2e station et la halte qui la suit.

Les billets de banlieue ne donnent droit qu'aux trains ordinaires. Les prix de ce tarif sont très bas ; ce sont les suivants :

	1re classe.	2e classe.	3e classe.
	—	—	—
1re zone	0,75 fr.	0.375 fr.	0,25 fr.
2e —	1 —	0,55 —	0,375 —

Les résultats de cette réforme ont été immédiats et éclatants. En un an, le mouvement des voyageurs a augmenté de 136 p. 100 et la recette brute de 20 p. 100; d'après la direction des chemins de fer de l'État hongrois, la moitié de la recette brute représente un bénéfice. Bien que ses calculs aient été contestés, il ne paraît pas douteux que, même au point de vue de la recette nette, la réforme ait été avantageuse.

Il faut noter cependant que l'augmentation très notable des voyages aux grandes distances comprend, pour partie, un trafic qui a été, non pas créé, mais enlevé à d'autres réseaux.

Depuis la réforme de 1889, différentes modifications ont été apportées à la tarification voyageurs des chemins de fer de l'État hongrois.

En premier lieu, la clause du tarif de banlieue qui englobe les haltes dans la zone comprenant la station précédente a donné lieu à des abus, certains voyageurs faisant à pied le trajet qui séparait la halte de la station suivante, afin de bénéficier à cette station d'un nouveau billet de 1re zone ; on a pris le parti, en 1896, de remanier le tarif en y introduisant comme base la distance kilométrique au lieu du nombre des stations. On a donc remplacé les deux anciennes zones de banlieue par trois nouvelles, s'étendant de 1 à 10 kilomètres, de 10 à 15 et de 15 à 20.

On a également remanié le tarif à toute distance, notamment en créant trois nouvelles zones au delà de 225 kilomètres, ce qui met fin aux abus qui avaient été constatés en ce qui concerne la 14e zone, dont le coupon, valable pour n'importe quel parcours, et comportant la faculté d'arrêt, pouvait être revendu et utilisé ensuite par une autre personne.

Actuellement, le tarif se présente sous la forme et avec les prix ci-dessous (y compris l'impôt de 20 p. 100).

On voit que, malgré les retouches successives dont ils ont été l'objet, les tarifs de voyageurs de la Hongrie sont encore très inférieurs aux tarifs des chemins de fer français, même en tenant compte de la surtaxe applicable en Hongrie aux trains express et malgré l'impôt de 20 p. 100 dont sont frappés

tous les billets[1]. Il faut ajouter que la tarification hongroise, qui ne comporte aucun billet à prix réduit et s'applique toute l'année à toutes les catégories de voyageurs, quels qu'ils soient, est infiniment plus juste et plus rationnelle que la tarification française, avec ses combinaisons complexes de billets d'aller et retour, individuels ou de famille, billets d'excursion, billets de bains de mer ou de stations thermales, cartes d'abonnement, billets circulaires, etc., etc., dont un grand nombre ne sont délivrés qu'une partie de l'année et avec des conditions restrictives assez nombreuses.

	TRAINS OMNIBUS			TRAINS EXPRESS		
	1re classe.	2e classe.	3e classe.	1re classe.	2e classe.	3e classe.
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
Tarif de banlieue :						
Zone 1. 1 à 10 kilomètres.	0,63	0,32	0,21	Les prix sont ceux de la 1re zone du tarif à toute distance.		
— 2. 11 à 15 —	0,84	0,46	0,32			
— 3. 16 à 20 —	1,05	0,63	0,42			
Tarif à toute distance :						
Zone 1. 21 à 27 kilomètres.	1,58	1,05	0,63	1,89	1,26	0,74
— 2. 28 à 40 —	2,52	1,68	1,05	3,15	2,10	1,26
— 3. 41 à 55 —	3,78	2,52	1,58	4,73	3,15	1,89
— 4. 56 à 70 —	5,04	3,36	2,10	6,30	4,20	2,52
— 5. 71 à 85 —	6,30	4,20	2,63	7,88	5,25	3,15
— 6. 86 à 100 —	7,56	5,04	3,15	9,45	6,30	3,78
— 7. 101 à 115 —	8,82	5,88	3,68	11,03	7,35	4,41
— 8. 116 à 130 —	10,08	6,72	4,20	12,60	8,40	5,04
— 9. 131 à 145 —	11,34	7,56	4,73	14,18	9,45	5,67
— 10. 146 à 160 —	12,60	8,40	5,25	15,75	10,50	6,30
— 11. 161 à 175 —	13,86	9,24	5,78	17,33	11,55	6,93
— 12. 176 à 200 —	15,12	10,08	6,30	18,90	12,60	7,56
— 13. 201 à 225 —	17,01	11,34	7,35	22,05	14,70	9,03
— 14. 226 à 300 —	18,90	12,60	8,40	25,20	16,80	10,50
— 15. 301 à 400 —	22,05	14,70	9,45	28,35	18,90	11,55
— 16. 401 et au-dessus. . .	25,20	16,80	10,50	31,50	21 »	12,60

Comme complément de la réforme des tarifs en Hongrie, il y a lieu de signaler les simplifications apportées à la délivrance des billets et au service des bagages.

Les billets, d'une forme simple, se délivrent, non seulement dans les gares, mais dans les bureaux de tabac et les hôtels ; il n'y a pas de franchise pour les bagages, mais le tarif s'applique par fractions de 50 kilogrammes, ce qui dispense dans bien des cas de peser les colis.

[1] Prix perçus pour les billets simples sur les chemins de fer français :

	1re CLASSE	2e CLASSE	3e CLASSE
25 kilomètres	2,80 fr.	1,90 fr.	1,25 fr.
50 —	5,60 —	3,80 —	2,45 —
100 —	11,20 —	7,55 —	4,95 —
150 —	16,80 —	11,35 —	7,40 —
200 —	22,40 —	15,10 —	9,85 —
300 —	33,60 —	22,70 —	14,80 —
400 —	44,80 —	30,25 —	19,70 —

Le réseau de l'État hongrois comporte actuellement un développement de plus de 15 500 kilomètres.

Autriche. — La réforme des tarifs du réseau d'État en Autriche s'est faite d'après l'exemple de la Hongrie, mais sur une forme un peu différente. Le tarif adopté en 1889 est désigné sans le nom de *Kreuzer-Zonen-Tarif* (tarif par zone au kreutzer)[1].

Chaque station du réseau sert d'origine à une série de zones, dont les cinq premières ont chacune 10 kilomètres, les deux suivantes 15 kilomètres, la suivante 20 kilomètres, les quatre suivantes, 25 kilomètres, et enfin les suivantes, 50 kilomètres. Le prix de transport, constant dans l'étendue de chaque zone, est calculé d'après une taxe kilométrique appliquée au nombre maximum de kilomètres contenus dans cette zone. Cette taxe est de 1 kreutzer par kilomètre pour la 3e classe, 2 kreutzer pour la 2e classe, 3 kreutzer pour la 1re classe[2]. Elle est majorée de 50 p. 100 pour les trains express. Les billets d'aller et retour, d'abonnement, etc., sont supprimés; la franchise des bagages (25 kg.) est également supprimée ; ils sont taxés à 0,2 kr. par kilogramme.

La réduction de tarifs ainsi réalisée est difficile à chiffrer ; elle est en tout cas considérable. M. Mange l'évalue en moyenne à 20 p. 100 en 1re classe, 40 p. 100 en 2e et 30 p. 100 en 3e, pour les trains omnibus. En tout cas, les résultats ont été excellents au point de vue économique.

Dans l'année qui a suivi la réforme, le nombre des voyageurs a augmenté de 43 p. 100 (du 16 juin 1889 au 10 juillet 1890) ; il avait presque doublé en moins de cinq ans, à la fin de 1893, bien que la longueur du réseau n'ait augmenté que d'un sixième.

Ultérieurement, il a paru nécessaire de remanier le tarif, pour diverses raisons exposées dans le rapport du Conseil d'administration du réseau de l'État (1895) : en premier lieu, le tarif semblait un peu trop réduit pour les courtes distances, notamment en ce qui concerne la 3e classe ; d'autre part, le rapport entre les prix des trois classes paraissait susceptible d'être remanié, le tarif de 1889, qui avait fixé le prix de la 2e classe au double de celui de la 3e, ayant amené un déclassement important ; enfin les zones étaient, jugées de trop grande étendue et on proposait de les ramener uniformément à 10 kilomètres[3].

[1] Consulter un article de M. A. Mange. *Revue générale des Chemins de fer*, août 1892.

[2] Rappelons que le florin autrichien a une valeur nominale de 2,50 fr. et le kreutzer une valeur de 2,5 centimes.

[3] Il est à remarquer que, malgré ces causes de diminution, la recette kilométrique du trafic voyageur n'avait pas fléchi la première année et qu'elle avait, dès la seconde année, repris une marche ascendante :

Recette en 1889	2 551	florins.
— 1890	2 528	—
— 1891	2 578	—
— 1892	2 581	—

A la suite de ce remaniement, le tarif a été établi comme il suit :

La taxe kilométrique s'applique par zones de 10 kilomètres ; toute zone entamée est comptée en entier. Cette taxe est la suivante, par kilomètre (en kreutzer) :

	1re CLASSE	2e CLASSE	3e CLASSE
	kr.	kr.	kr.
Jusqu'à 150 kilomètres	3,75	2,25	1,25
De 151 kilomètres à 300 kilomètres . . .	3,65	2,15	1,15
— 301 — 600 —	3,50	2 »	1 »
Au-dessus de 600 kilomètres.	3,30	1,80	0,80

La surtaxe pour trains express est, comme autrefois, de 1,5 kr. en 1re classe, de 1 kreutzer en 2e et de 0,5 kr. en 3e classe.

Ces prix sont d'ailleurs à majorer du droit de timbre fixé à 2 p. 100, avec maximum de 25 kreutzer.

Il est facile de se rendre compte que, même en évaluant le kreutzer à sa valeur nominale de 0,025 fr. et en tenant compte du droit de timbre, ces taxes donnent des prix très inférieurs aux tarifs français pour les trains omnibus.

Le réseau de l'État autrichien comprend actuellement plus de 12800 kilomètres.

Hollande. — On a adopté en Hollande un système par zones, analogue à celui de la Hongrie ; sur le réseau de l'État néerlandais il y a actuellement cinq zones, les quatre premières de 50 kilomètres chacune, la dernière commençant au delà de 200 kilomètres et n'étant pas limitée.

Les bases des barèmes vont en décroissant en passant d'une zone à la suivante. Il y a en outre des billets d'aller et retour, établis d'après le même principe, et offrant une réduction qui va en croissant avec la distance. Les bases de ces barèmes sont les suivantes (en centimes), en admettant pour le florin de Pays-Bas une valeur de 2,08 fr. :

	BILLETS SIMPLES			BILLETS D'ALLER ET RETOUR		
	1re classe.	2e classe.	3e classe.	1re classe.	2e classe.	3e classe.
	c.	c.	c.	c.	c.	c.
Jusqu'à 50 kilomètres	10,40	7,80	5,20	16,64	12,48	8,32
De 51 à 100 kilomètres . .	8.32	6,656	4,16	12,48	9,36	6,24
De 101 à 150 — . . .	7,28	5,824	3,640	10,40	7,80	5,20
De 151 à 200 — . . .	6,76	5,408	3,380	9,36	7,02	4,68
Au-dessus de 200	6,24	4,992	3,12	8,32	6,24	4,16

La surtaxe d'express est de 1,25 fr. pour les parcours jusqu'à 150 kilomètres et de 2,50 fr. pour les parcours supérieurs.

Il n'y a pas d'impôt.

Rappelons que la Hollande a institué un système de carnets kilométriques, dont les résultats ont été excellents.

Allemagne. — Les tarifs voyageurs des divers pays qui composent l'empire d'Allemagne ont été, pendant fort longtemps, très différents les uns des autres. Leur unification vient d'avoir lieu récemment et la nouvelle tarification est entrée en vigueur le 1er mai 1907. Autrefois, non seulement les prix servant de base aux tarifs des billets simples et d'aller et retour étaient différents, mais encore de nombreux tarifs exceptionnels existaient ; en outre, le régime des trains express et la tarification des bagages comportaient beaucoup de divergences.

Désormais, le régime appliqué dans tout l'Empire est le suivant :

1° Les billets d'aller et retour à prix réduits sont supprimés ;

2° Les tarifs pour les trains de voyageurs sont ainsi fixés, par kilomètre [1] :

1re classe	8,75 cent.
2e —	5,62 —
3e —	3,75 —
4e —	2,50 —

3° Surtaxes pour trains express :

	1re et 2e classe.	3e classe.
De 1 à 75 kilomètres	0,625 fr.	0,31 fr.
De 76 à 150 —	1,25 —	0,625 —
Au-dessus de 150 kilomètres	2,50 —	1,25 —

4° Tarif pour les bagages. Le tarif comporte quinze zones, dans lesquelles les taxes sont les suivantes, par 25 kilogrammes :

Petite zone — 1 à 25 kilomètres	0,25 fr.
1re zone — 26 à 50 kilomètres	0,31 —
2e — 51 à 100 —	0,62 —
3e — 101 à 150 —	0,93 —
4e — 151 à 200 —	1,25 —
5e — 201 à 250 —	1,56 —
6e — 251 à 300 —	1,87 —
7e — 301 à 350 —	2,18 —
8e — 351 à 400 —	2,50 —
9e — 401 à 450 —	2,81 —
10e — 451 à 500 —	3,12 —
11e — 501 à 600 —	3,75 —
12e — 601 à 700 —	4,37 —
13e — 701 à 800 —	5 —
14e zone — au delà de 800 kilomètres	6,25 —

[1] Pour la conversion en monnaie française, le mark a été pris égal à 1,25 fr.

Ce tarif est applicable jusqu'à 200 kilogrammes. Pour les bagages dépassant ce poids, l'excédent est taxé à un tarif double.

En général les tarifs exceptionnels sont supprimés, sauf celui des livrets à coupons combinables du *Verein*.

Aux prix indiqués ci-dessus pour les voyageurs, il faut ajouter l'impôt, voté en 1906 par le parlement allemand. Cet impôt varie suivant la classe et le prix des billets d'après le tableau ci-après :

TAXE POUR UN BILLET VALANT	1re CLASSE	1re CLASSE	3e CLASSE
	fr.	fr.	fr.
De 0,75 fr. à 2,50 fr.	0,25	0,125	0,0625
— 2,50 — à 6,25 —	0,50	0,25	0,125
— 6,25 — à 12,50 —	1 »	0,50	0,25
— 12,50 — à 25 » —	2 »	1 »	0,50
— 25 » — à 37,50 —	3 »	1,50	0,75
— 37,50 — à 50 » —	4,50	2,25	1,125
— 50 » — à 62,50 —	6,75	3,375	1,75
Au delà de 62,50 fr.	10 »	5 »	2,50

Sont exempts de l'impôt : les billets de 4e classe ; les billets d'une valeur inférieure à 0,75 fr. et les billets à prix réduits délivrés aux militaires, aux ouvriers, aux écoliers.

Cette modification dans la tarification est encore trop récente pour qu'il soit possible de connaître les résultats qu'elle a pu produire sur le mouvement des voyageurs : ce qui paraît certain, c'est qu'elle ne comporte pas dans son ensemble un abaissement des tarifs et que, sur certains points, elle admet des relèvements appréciables, notamment par suite de la perception de surtaxes d'express dans les États où il n'en existait pas et de la suppression de la franchise des bagages dans l'Allemagne du Nord, où elle était admise. Il était d'ailleurs inévitable que l'unification des tarifs sur un ensemble de lignes aussi important amenât sur certains points des relèvements ; mais, ainsi que l'a fait remarquer le ministre d'État lors de la dernière discussion du budget au Landtag prussien, pour envisager dans son ensemble la réforme des tarifs-voyageurs, il faut accepter les quelques désavantages qu'elle peut comporter comme contre-partie de ses avantages et en particulier du précieux compromis qu'elle a réalisé entre les États du Nord et du Sud, en ce qui concerne le régime des surtaxes d'express et les conditions d'application de la franchise des bagages.

Pour comparer les prix du nouveau tarif allemand avec ceux des tarifs français, supposons un voyageur effectuant un voyage à une distance de 200 kilomètres, avec 25 kilogrammes de bagages. Le prix du voyage s'établira comme suit :

En France :

	1re classe.	2e classe.	3e classe.
Billet simple	22,40 fr.	15,10 fr.	9,85 fr.
Enregistrement des bagages	0,10 —	0,10 —	0,10 —
Total	22,50 fr.	15,20 fr.	9,95 fr.
Billet d'aller et retour	33,60 fr.	24,20 fr.	15,75 fr.
Enregistrement des bagages	0,10 —	0,10 —	0,10 —
Total	33,70 fr.	24,30 fr.	15,85 fr.
En Allemagne :			
Trajet simple	17,50 fr.	10,84 fr.	7,50 fr.
Bagages	1,25 —	1,25 —	1,25 —
Impôt	2 —	0,50 —	0,25 —
Total	20,75 fr.	12,59 fr.	9 fr.
Trajet aller et retour	41,50 fr.	25,18 fr.	18 fr.

On voit que l'avantage est en faveur de l'Allemagne pour le trajet simple et en faveur de la France pour le trajet aller et retour.

Si l'on tenait compte de la surtaxe d'express (2,50 fr. en 1re et 2e classe, 1,25 fr. en 3e), l'avantage resterait encore à l'Allemagne pour le trajet simple; il serait plus marqué en faveur de la France pour le trajet d'aller et retour.

Angleterre. — Les tarifs de voyageurs en vigueur en Angleterre sont très variés et, jusqu'à ce jour, aucune réforme en vue de l'unification n'a été tentée.

D'après le *Reichs-Kursbuch* (Indicateur des chemins de fer de l'Empire allemand), les moyennes pour 1907 seraient de 13,05 c. en 1re classe, de 11,09 c. en 2e et de 6,525 c. en 3e.

Il n'y a d'impôt que sur les 1re et 2e classes : il est de 5 p. 100 et réduit à 2 p. 100 pour le service des villes et de leur banlieue. Il n'y a pas de surtaxe pour les trains express.

Enfin, il y a lieu de remarquer que, d'après les termes de leur concession, toutes les compagnies sont tenues de mettre en marche tous les jours, sauf le dimanche, un train dans chaque sens sur toute la longueur de la ligne, à des heures fixées par le *Board of trade* sur la proposition de la compagnie; ce train, qui doit desservir toutes les stations, avec un tarif maximum de 1 penny par mille (soit 0,065 fr. par kilomètre), est habituellement appelé *train parlementaire*.

Il importe également de signaler le développement énorme du trafic de 3e classe en Angleterre. C'est ainsi que, d'après les documents du *Board of trade*, il y a eu en 1905 un nombre total de 1 199 022 000 voyageurs, sur lesquels on compte 1 110 024 000 voyageurs de 3e classe (y compris les trains parlementaires), soit 92,57 p. 100 du nombre total; les voyageurs de

1re classe ne représentent que 3,04 p. 100, et ceux de 2e classe que 4,39 p. 100 de ce total.

Cette situation amènera probablement, un jour ou l'autre, la suppression de la 2e classe en Angleterre; elle est d'ailleurs déjà réalisée sur le *Midland Ry*.

Rappelons à ce sujet qu'en France la répartition des voyageurs dans les trains se fait d'une tout autre manière ; en 1904, sur l'ensemble des sept grands réseaux, les voyageurs de 1re classe représentaient 4,5 p. 100 du total, ceux de 2e classe 25,5 p. 100 et ceux de 3e classe 70 p. 100.

Suisse. — Les prix sont fixés d'après un tarif kilométrique, savoir :

	1re classe.	2e classe.	3e classe.
Billets simples.	10,4 cent.	7,3 cent.	5,2 cent.
Billets d'aller et retour. . .	15,6 —	10 —	6,5 —

La réduction des billets d'aller et retour est ainsi de 25 p. 100 en 1re classe, de 31,5 p. 100 en 2e et de 37,5 p. 100 en 3e.

Une franchise de 25 kilogrammes de bagages est accordée.

Il n'y a pas d'impôt, ni de surtaxe d'express.

Il existe également des cartes de libre circulation valables quinze jours.

Italie. — On sait que les chemins de fer ont été récemment rachetés par l'État en Italie. Avant ce rachat, on percevait pour le transport des voyageurs des taxes kilométriques particulièrement élevées, savoir :

		1re classe.	2e classe.	3e classe.
Billets simples.	Trains express . . .	12,76 cent.	8,93 cent.	5,80 cent.
	— omnibus. . .	11,60 —	8,12 —	5,22 —
Billets d'aller et retour.	Trains express . . .	18,50 cent.	13 cent.	8,50 cent.
	— omnibus. . .	17,50 —	12,50 —	8 —

Depuis le 1er novembre 1906, un nouveau tarif pour les voyageurs est appliqué sur le réseau de l'État italien. Ses caractères principaux sont les suivants :

Dans le but de favoriser les relations à longue distance et de faciliter les communications entre le nord et le sud de l'Italie, on a établi un tarif par zones avec bases décroissantes quand la distance augmente.

Les anciennes taxes kilométriques sont conservées jusqu'à 150 kilomètres. Pour les parcours de 151 à 270 kilomètres, les taxes kilométriques pour les trains express sont un peu réduites, tout en restant supérieures aux anciennes taxes des trains omnibus. Au delà de 270 kilomètres, la réduction va en

augmentant par coupures de 5, 10 ou 20 kilomètres jusqu'à la limite de 1550 kilomètres ; le taux de la réduction varie de 9 à 60 p. 100.

Le tableau ci-dessous permet de se rendre compte des réductions réalisées aux différentes distances.

	TARIF ANCIEN Trains omnibus.			TARIF NOUVEAU Trains omnibus.		
	1re classe.	2e classe.	3e classe.	1re classe.	2e classe.	3e classe.
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
A 150 kilomètres.	19,15	13,40	8,70	19,15	13,40	8,70
250 —	31,90	22,35	14,50	29 »	20,30	13,05
550 —	70,20	49,15	31,90	53 »	35,30	22,55
850 —	108,50	75,95	49,30	66,50	43,80	28,05
1150 —	146,75	102,75	66,70	75,50	49,80	31,80
1350 —	172,30	120,60	78,30	81,50	53,80	34,30
1550 —	197,20	138,45	89,90	87,50	57,80	36,80

Les prix ci-dessus comprennent l'impôt, qui est de 13 p. 100.

Russie. — Le tarif des voyageurs est également un tarif différentiel établi par zones, comme l'indique le tableau ci-après :

	1re classe.	2e classe.	3e classe.
	—	—	—
Jusqu'à 160 verstes, par verste (1,067 mètres)	9,58 cent.	5,74 cent.	3,83 cent.
De 161 verstes à 300 verstes, pr chaque 10 verstes en plus. .	0,60 —	0,36 —	0,24 —
De 301 — 500 — — 25 — . .	0,33 —	0,80 —	0,53 —
De 501 — 710 — — 30 — . .	1,33 —	0,80 —	0,53 —
De 711 — 990 — — 35 — . .	1,33 —	0,80 —	0,53 —
De 991 — 1510 — — 40 — . .	1,33 —	0,80 —	0,53 —
De 1511 — 3010 — — 50 — . .	1,33 —	0,80 —	0,53 —
Au-dessus de 3010 — — 70 — . .	2,66 —	1,60 —	1,06 —

La surtaxe d'express est variable suivant la distance, et, parfois, suivant la nature des trains.

Les taxes ci-dessus comprennent l'impôt, qui est de 25 p. 100 pour la 1re et la 2e classe et de 15 p. 100 pour la 3e classe.

Le tarif ci-dessus est en vigueur depuis le 1er décembre 1894 ; avant cette date, les taxes kilométriques applicables sur la plupart des chemins de fer russes étaient de 14,04 c. en 1re classe, de 10,55 c. en 2e classe et de 5,40 c. en 3e classe, y compris l'impôt fixé à 15 p. 100 pour la 3e classe et 25 p. 100 pour les deux premières.

Les renseignements qui précèdent permettent de dresser le tableau comparatif ci-après des prix d'un voyage de 100 kilomètres, par exemple, effectué en France ou à l'étranger, par un voyageur sans bagages, dans des trains omnibus ou express.

	TRAINS OMNIBUS			TRAINS EXPRESS		
	1re classe.	2e classe.	3e classe.	1re classe.	2e classe,	3e classe.
France	11,20 fr.	7,55 fr.	4,95 fr.	11,20 fr.	7,55 fr.	4,95 fr.
Allemagne	9,75 —	5,87 —	3,90 —	11 —	7,12 —	4,50 —
Angleterre	13,05 —	11,09 —	6,52 —	13,05 —	11,09 —	6,52 —
Belgique	9,45 —	6,40 —	3,80 —	9,45 —	6,40 —	3,80 —
Pays-Bas	8,32 —	6,65 —	4,16 —	9,57 —	7,90 —	5,41 —
Autriche	9,56 —	6,73 —	3,74 —	13,31 —	9,23 —	4,99 --
Hongrie	7,56 —	5,04 —	3,15 —	9,45 —	6,30 —	3,78 —
Suisse	10,40 —	7,30 —	5,20 —	10,40 —	7,30 —	5.20 —
Italie	11,60 —	8,12 —	5,22 —	12,76 —	8,93 —	5,80 —
Russie	9,04 —	5,41 —	3,61 —	10,94 —	6,69 —	4,28 —

§ 2. — TARIFS DES MARCHANDISES

Nous nous occuperons seulement de la tarification des marchandises en petite vitesse et nous nous bornerons à quelques notions très sommaires sur cette question, dont le champ est tellement vaste qu'il n'est pas possible de songer à le traiter ici d'une manière complète. Nous emprunterons principalement nos renseignements aux rapports présentés au Congrès de Washington (1905).

Allemagne. — La tarification des marchandises à petite vitesse est actuellement régie par un système mixte, intermédiaire entre le système de tarification à la *valeur* et le système dit *naturel*, qui a été autrefois très en faveur en Allemagne et qui tient compte seulement de la capacité des wagons employés aux transports.

Le système mixte actuel est donc établi, en tenant compte, tant de la valeur des marchandises que de leur poids et de leur volume, du matériel de transport et de la vitesse des expéditions.

Pour les expéditions de détail (pesant moins de 5000 kilogrammes), il n'existe qu'une classe générale : il y a en outre un tarif spécial réduit pour les marchandises qui y sont spécialement dénommées. Pour les expéditions par wagons complets, il existe une classe générale A, pour les expéditions d'au moins 5 000 kilogrammes et une classe générale B, pour les expéditions d'au moins 10 000 kilogrammes.

En outre, des tarifs spéciaux I, II et III, à prix plus réduits, ont été établis pour les chargements d'au moins 10 000 kilogrammes et s'appliquent aux marchandises les plus usuelles pour lesquelles les prix de la classe générale ont paru trop élevés.

La classification générale des marchandises ne mentionne que celles qui bénéficient des tarifs spéciaux I, II et III; toutes celles qui n'y sont pas dénommées sont taxées aux prix des classes générales A et B.

Pour les expéditions d'un poids compris entre 5 000 et 10 000 kilogrammes, on applique un 4e tarif spécial A² aux marchandises qui bénéficient des tarifs I et II par 10 000 kilogrammes, et le tarif II à celles qui bénéficient du tarif III par 10 000 kilogrammes.

En somme, la tarification des expéditions par wagon complet s'établit comme suit :

Par 10 tonnes.		Par 5 tonnes.	
Classe générale.	B	Classe générale.	A
Tarif spécial	I	Tarif spécial	A²
—	II	—	A²
—	III	—	II

D'une manière générale les tarifs se présentent sous forme de barèmes, soit différentiels, soit proportionnels.

Ci-dessous, à titre d'exemple, les bases des barèmes des tarifs généraux et spéciaux des chemins de fer de l'État prussien, qui comprennent, indépendamment des frais de transport proprement dits, des frais d'expédition variables avec la distance. Les prix sont donnés en centimes par tonne et par kilomètre.

	EXPÉDITIONS partielles		EXPÉDITIONS PAR WAGONS					
			Classe générale.		Tarifs spéciaux.			
	Classe générale.	Tarif spécial.	A	B	A²	I	II	III
	cent.	cent.	cent.	cent.	cent.	cent.	cent.	cent.
1° *Frais de transport.*								
De 1 à 50 kilomètres. .	13,75	.....	.....	.....	.....	.....	.....	3,25
51 à 100 p^r km. en sus.	12,50	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
101 à 200 —	12,50							
201 à 300 —	11,25	10	8,375	7,50	6,25	5,625	4,375	
301 à 400 —	10 »							2,75
401 à 500 —	8,75							
Au-dessus de 500 km. .	7,50	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
2° *Frais d'expédition.*								
1 à 10 kilomètres .	1,25	1,25	1,25	1 »				
11 à 20 —	1,375	1,375	1,375	1,125				
21 à 30 —	1,50	1,50	1,50	1,25				
31 à 40 —	1,625	1,625	1,625	1,375	0,75	0,75	0,75	0,75
41 à 50 —	1,75	1,75	1,75	1,50				
51 à 60 —	1,875	1,875	1,875	1,50				
61 à 70 —	2 »	2 »	2 »	1,50				
71 à 80 —	2,125	2,125	2,125	1,50				
81 à 90 —	2,25	2,25	2,25	1,50	1,125	1,125	1,125	1,125
91 à 100 —	2,375	2,375	2,375	1,50				
Au-dessus de 100 . . .	2,50	2,50	2,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50

Outre les tarifs généraux et spéciaux dont il est question ci-dessus, il existe quatre tarifs exceptionnels à prix plus réduits, applicables par

wagons complets, le premier aux houilles, pierres, chaux, sable, etc., le second aux transports de potasse, le troisième à la chaux pour engrais, le quatrième aux matériaux pour la construction des routes. Ces tarifs sont sous forme de barèmes différentiels.

Autriche-Hongrie. — Les chemins de fer autrichiens et hongrois, de même que ceux de la Bosnie et de l'Herzégovine, appliquent une tarification uniforme, résultant d'une convention conclue entre les États.

Cette tarification est, comme la tarification allemande, d'un système mixte, qui tient compte à la fois de la valeur de la marchandise et du tonnage ou de la capacité des expéditions.

Il peut être résumé comme il suit :

Division des marchandises en 9 classes, savoir :

Expéditions partielles . .	Classe I. — II. Marchandises encombrantes.
Charges complètes. . . .	Classe A. — B. — C.
Tarifs spéciaux	1. 2. 3.

La classe I, indiquée comme classe normale des expéditions partielles, s'applique à toutes les marchandises (par expéditions de moins de 5000 kilogrammes) qui ne sont pas désignées nominativement à la classification et qui ne sont pas comprises dans les tarifs spéciaux.

La classe II comprend les expéditions partielles de toutes les marchandises désignées à la classification.

La classe A est la classe normale des expéditions d'au moins 5 000 kilogrammes par wagon ; les classes B et C s'appliquent aux expéditions de 10 000 kilogrammes par wagon, B pour les marchandises de valeur moyenne, C pour celles de moindre valeur.

Quant aux tarifs spéciaux 1, 2 et 3, ils s'appliquent aux charges complètes de 10 000 kilogrammes ; le tarif 1 contient les produits agricoles, le tarif 2, les bois de valeur élevée, le tarif 3, les articles en masses de moindre valeur, (engrais, minerais, scories, pierres).

Ci-dessous, à titre d'exemple, les barèmes intérieurs des chemins de fer de l'État autrichien. Ils s'appliquent par 100 kilogrammes et par kilomètre ; les prix sont indiqués en centimes.

A ces taxes de transport s'ajoutent des frais d'expédition fixés uniformément dans chaque classe à 8,32 c. par 100 kilogrammes et par kilomètre.

	CLASSES		CHARGES COMPLÈTES			TARIFS SPÉCIAUX		
	I	II	A	B	C	1	2	3
Frais de transport.	cent.	cent.	cent.	cent.	cent.	cent.	cent.	cent.
De 1 à 50 kilomètres . .	1,269	1,082	0,770	0,582	0,499	0,582	0,499	0,458
51 à 150 —	1,248	1,040	0,707	0,541	0,312	0,499	0,312	0,270
151 à 300 —	1,227	0,998	0,624	0,437	0,229	0,416	0,229	0,166
A partir de 300 kilomètres .	1,206	0,666	0,437	0,291	0,208	0,333	0,208	0,106

Les marchandises encombrantes, indiquées à la classification, sont taxées à la classe I, d'après le poids réel majoré de 50 p. 100.

Il existe, en outre, un certain nombre de tarifs exceptionnels applicables à des marchandises spécialement dénommées. Ces tarifs sont au nombre de 10 sur l'État autrichien et de 27 sur l'État hongrois.

Suisse. — Le système des tarifs des chemins de fer suisses se rapproche beaucoup de celui des tarifs allemands ; il est, comme ce dernier, établi en tenant compte de la valeur de la marchandise et de la capacité du matériel de transport.

Il peut être résumé de la manière suivante :

Expéditions partielles . . { Classe 1.
{ — 2.

Charges complètes. . . .
- Classes générales. . . . . { A.
{ B.
- Tarif spécial 1 . . . . . { § *a*.
{ § *b*.
- — 2 . . . . . { § *a*.
{ § *b*.
- — 3 . . . . . { § *a*.
{ § *b*.

La classe 2 des expéditions partielles comprend les marchandises non dénommées à la classification générale. La classe 2 s'applique à celles qui sont rangées dans les tarifs spéciaux 1, 2 et 3 et aux marchandises encombrantes.

Les classes A et B des charges complètes s'appliquent aux marchandises non dénommées à la classification générale, la première aux expéditions de 5 000 kilogrammes, la seconde à celles de 10 000 kilogrammes.

Quant aux tarifs spéciaux 1, 2 et 3, ils s'appliquent aux marchandises dénommées dans ces tarifs, et expédiées par 5 000 ou 10 000 kilogrammes (§ *a* ou § *b*).

Le tableau ci-dessous indique les bases des différents barèmes suisses,

applicables par 100 kilogrammes et par kilomètre. Elles sont données en centimes.

	EXPÉDITIONS partielles.		CHARGES COMPLÈTES							
			Classes générales.		Tarif spécial.					
					1		2		3	
	1	2	A	B	a	b	a	b	a	b
	cent.	cent.	cent.	cent.	cent.	cent.	cent.	cent.	cent.	cent.
Frais de transport	1,70	1,35	1,25	1,10	0,95	0,80	0,85	0,70	0,75	0,42
Frais d'expédition :										
De 1 à 20 kilomètres . .	10		7,50		6,00					
De 21 à 40 kilomètres. .	taxe croissant de 10,25 à 15		taxe croissant de 7,88 à 15		taxe croissant de 6,20 à 10.					
Au delà de 40 kilomètres.	15		15		10					

La tarification ci-dessus se complète par un ensemble de tarifs exceptionnels (au nombre de 10) qui prévoient des prix plus réduits pour un certain nombre de marchandises (céréales, pierres, bois, houilles, produits agricoles, engrais, foin, paille, fromages, fruits frais, carbure de calcium.) Ces tarifs comportent des barèmes différentiels ou proportionnels.

Russie. — Les trafics intérieur et direct de tous les réseaux de chemins de fer russes à voie normale sont régis par un seul tarif commun qui s'applique, à quelques exceptions près, à toutes les marchandises.

De même, les tarifs spéciaux prévus pour le transport de certaines marchandises sont d'une application générale sur tous les chemins de fer russes.

La tarification est fondée à la fois sur la valeur des marchandises et sur l'importance des expéditions.

Le tarif normal de la petite vitesse distingue 13 classes, dans lesquelles les marchandises sont taxées suivant des bases qui varient de 4,05 c. par 100 kilogrammes et par kilomètre pour la 1re classe à 0,32 c. pour la dernière. Dans les 5 premières classes, la taxe diminue en outre avec la distance.

Il existe de plus une série de tarifs différentiels exceptionnels, applicables aux marchandises des diverses classes indiquées ci-dessus.

Les minima de tonnage exigés pour les charges complètes dépendent de la nature des marchandises ; ils correspondent aux chiffres de 4 996, 6 552, 7535, 10 000 et 12 285 kilogrammes[1].

Pays-Bas. — Bien que l'exploitation des chemins de fer des Pays-Bas soit entre les mains de quatre compagnies différentes, le transport des mar-

[1] Cette tarification, qui est en vigueur depuis 1893, vient de subir quelques modifications depuis le 1er janvier 1907. On en trouvera le détail dans la *Revue générale des Chemins de fer*, octobre 1907).

chandises y est cependant réglé par un seul tarif uniforme, aussi bien pour le trafic direct que pour le trafic intérieur ; ce tarif porte le titre de *Tarif néerlandais pour le transport des marchandises à grande et à petite vitesse.* Il comprend trois chapitres :

A. — Règlement général pour le transport.

B. — Prescriptions pour l'application du tarif, classification des marchandises et barèmes.

C. — Tarif des frais accessoires.

La tarification tient compte à la fois de la valeur des marchandises, de leur poids et de leur volume.

Il y a deux classes pour les charges partielles (de moins de 5000 kilogrammes) et trois classes pour les charges complètes : classe A, comprenant toutes les marchandises non dénommées, celles qui ont la valeur la plus élevée ; classe B, comprenant les marchandises de valeur moyenne ; classe C, pour les marchandises de moindre valeur (articles bruts et transports en masse, 10000 kilogrammes).

Les barèmes applicables sont du système différentiel et la taxe se compose de deux parties : frais de transport, variables suivant la distance, et frais d'expédition, indépendants de cette distance.

Ci-dessous l'indication des bases en centimes, applicables par tonne et par kilomètre :

	CHARGES incomplètes		CHARGES COMPLÈTES		
	Classe normale.	Classe exceptionnelle.	Classe A.	Classe B.	Classe C.
	cent.	cent.	cent.	cent.	cent.
Frais de transport :					
de 1 à 50 kilomètres.	8,32	7,28	6,24	5,20	4,16
— 51 à 150 —	6,24	5,20	5,20	4,16	2,08
— 151 à 250 —	4,16	4,16	4,16	2,08	2,08
Au delà de 250 —	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08
Frais d'expédition	1,46 fr.	1,46 fr.	1,04 fr.	1,04 fr,	1,04 fr.

Il y a, en outre, un certain nombre de tarifs spéciaux également applicables en trafic intérieur et en trafic direct, avec des barèmes différentiels ou proportionnels.

Belgique. — Au début des chemins de fer en Belgique, l'exploitation se réduisait à l'entretien de la voie et du matériel, et à la traction des trains. L'État louait ses wagons pour les transports ; les expéditeurs et les destinataires faisaient la manutention. Il n'y avait pas de tarifs pour les expéditions partielles.

Ce système a disparu de 1860 à 1864 pour faire place à la tarification

actuelle qui comporte, en ce qui concerne les tarifs généraux, quatre classes de marchandises, savoir :

1re classe. — Marchandises par expédition de 400 kilogrammes. Cette classe comprend les marchandises d'une certaine valeur, articles d'alimentation, cotons, laines, étoffes, machines, etc.

2e classe. — Marchandises par expédition de 5 000 kilogrammes. Cette classe comprend, avec quelques articles de la classe précédente, les marchandises de valeur moindre, fer, acier, charpentes en fer, etc.

3e classe. — Marchandises par expédition de 5 000 kilogrammes. Cette classe comprend quelques marchandises de la classe précédente en wagons découverts non bâchés et d'autres marchandises telles que blé, bois de construction, charbons, chaux, farines, pierres, etc.

4e classe. — Marchandises pondéreuses par expédition de 10 000 kilogrammes en wagons découverts non bâchés (ardoises, bois de chauffage, betteraves, briques, engrais, houilles, minerais, etc).

Les barèmes applicables sont, bien entendu, de la forme belge, puisque c'est en Belgique que cette forme particulière de barèmes a prix naissance; ce sont les suivants :

PREMIÈRE CLASSE

Jusqu'à 5 kilomètres		1,50 fr.
Pour chaque kilomètre en plus.	de 6 à 75 kilomètres	0,10 —
	de 76 à 150 —	0,08 —
	de 151 à 200 —	0,06 —
	de 201 à 400 —	0,04 —

DEUXIÈME CLASSE

Jusqu'à 5 kilomètres		1,40 fr.
Pour chaque kilomètre en plus.	de 6 à 75 kilomètres	0,08 —
	de 76 à 125 —	0,04 —
	de 126 à 400 —	0,02 —

TROISIÈME CLASSE

Jusqu'à 5 kilomètres		1,30 fr.
Pour chaque kilomètre en plus.	de 6 à 75 kilomètres	0,06 —
	de 76 à 100 —	0,03 —
	de 101 à 125 —	0,02 —
	de 126 à 400 —	0,01 —

QUATRIÈME CLASSE

Partie fixe		0,50 fr.
Pour chaque kilomètre.	de 0 à 25 kilomètres	0,06 —
	de 26 à 75 —	0,04 —
	de 76 à 100 —	0,02 —
	de 101 à 350 —	0,01 —
	de 351 à 400 —	0,02 —

Les frais accessoires sont ainsi fixés :

Enregistrement	0,20 fr.	par expédition.
Manutention	0,10 —	pour 100 kilogrammes.
Comptage	0,01 —	—
Pesage	0,01 —	—

Le droit d'enregistrement est perçu dans tous les cas.

La manutention est faite par l'administration et la taxe perçue pour les expéditions de moins de 5000 kilogrammes. Au delà de cette limite, la manutention doit être faite pour les expéditeurs et les destinataires pour les marchandises en vrac ; pour les autres elle est facultative.

La responsabilité de l'administration est entière, en ce qui concerne les pertes et avaries (sauf certaines exceptions spéficiées).

Les délais de transport sont de quatre jours à partir de celui qui suit la remise.

L'expéditeur peut s'assurer, en cas de perte, d'avarie ou de retard de sa marchandise, une indemnité déterminée, en déclarant sur la lettre de voitures la somme à laquelle il évalue le préjudice correspondant. Cette déclaration, qu'on appelle intérêt à la livraison, est faite moyennant une taxe de 1 franc par expédition et par fraction de 500 francs.

Les tarifs généraux sont communs à toutes les lignes d'intérêt général de la Belgique.

Il existe, en outre, un certain nombre de tarifs spéciaux qui comportent, en général, en échange d'une réduction de prix, une certaine atténuation de responsabilité, un allongement des délais de transport ou la condition d'un tonnage élevé ; quelques tarifs sont cependant applicables sans conditions spéciales.

Les tarifs spéciaux de l'État belge (qui exploite 4 050 kilomètres sur les 4 500 qui constituent le réseau d'intérêt général) sont au nombre de 56, dont 6 seulement ne s'appliquent qu'au trafic intérieur. Les autres sont des tarifs communs.

Les barèmes appliqués sont au nombre de 18, tous de la forme différentielle.

Il existe enfin une vingtaine de tarifs exceptionnels provisoires applicables à diverses marchandises entre deux ou plusieurs points dénommés. Ces tarifs, très réduits, exigent souvent un tonnage de 150 ou 300 tonnes.

Italie. — Les chemins de fer italiens ont été affermés, jusqu'au 1er juillet 1905, à trois compagnies qui appliquaient, en vertu de leur concession, un même tarif général ; un grand nombre de tarifs spéciaux existaient, dont beaucoup étaient communs à 2 ou à 3 réseaux.

Depuis juillet 1905 les chemins de fer ont été repris et exploités par

l'État ; mais la tarification des marchandises est restée la même dans ses grandes lignes. Elle présente, dans son ensemble, de grandes analogies avec celle des réseaux français.

Elle est basée à la fois sur la valeur des marchandises, et sur les conditions du transport au point de vue du tonnage, de la responsabilité, des délais.

Au point de vue des tarifs généraux, les marchandises sont divisées en huit séries, dans lesquelles les prix appliqués sont proportionnels à la distance et fixés respectivement à 0,16 fr., 0,14 fr., 0,12 fr., 0,10 fr., 0,08 fr., 0,07 fr., 0,06 fr. et 0,05 fr. par tonne et par kilomètre, non compris l'impôt qui est de 3 p. 100.

Les tarifs spéciaux, qui sont assez nombreux, comportent une réduction de prix par rapport au tarif général, en échange d'une atténuation de responsabilité ou parfois d'un allongement des délais. Les barèmes sont à base kilométrique décroissante.

La revision de la tarification italienne doit d'ailleurs avoir lieu dans un délai de trois ans depuis la reprise des lignes.

Angleterre. — L'Angleterre a été pendant longtemps le pays de l'exploitation libre des chemins de fer ; les compagnies qui se sont créées à différentes époques pour assurer cette exploitation l'ont été en vertu de lois qui avaient simplement pour objet d'autoriser la construction des lignes et de fixer les taxes et redevances maxima qui pourraient être perçues pour les transports.

La classification était très incomplète, les tarifs fort variés, et de nombreuses difficultés se sont élevées entre les compagnies et le public au sujet de leur application. Après plusieurs tentatives infructueuses faites en vue de réglementer cette question, une loi du 10 août 1888 (*Railway and Canal Traffic Act*), a enfin obligé les compagnies à présenter au gouvernement un projet de classification générale des marchandises et à proposer de nouveaux maxima pour les taxes et frais accessoires à percevoir. Ces propositions ont été faites et publiées ; et, après une longue enquête et une étude approfondie, au cours desquelles des modifications assez nombreuses furent apportées aux propositions primitives, la nouvelle classification et les nouveaux tarifs ont été approuvées par des lois qui portent le nom de *Railway Rates and Charges Orders Confirmation Acts* de 1891-1892, et qui sont entrées en vigueur le 1er janvier 1893.

Les marchandises ont été divisées en huit classes ainsi désignées, A, B, C, 1, 2, 3, 4, 5, qui constituent, en fait, les tarifs réguliers, ou tarifs généraux. La classification est faite d'après la valeur des marchandises, en tenant compte également des risques d'avaries, de la nature de l'emballage et des difficultés de la manutention.

Dans chacune de ces classes le tarif maximum est représenté par un barème établi par zones de 20, 30, 50 milles (le mille anglais vaut 1 600 mètres.)

Le taux des frais accessoires est fixé d'une manière uniforme sur tous les réseaux.

Les compagnies ont d'ailleurs publié, en dehors de la classification officielle, une classification dite des chemins de fer, contenant également huit séries, mais dans laquelle beaucoup de marchandises sont rangées dans une série inférieure à celle de la classification officielle, ce qui leur procure une réduction de tarif, subordonnée toutefois, dans certains cas, à une condition de tonnage ou d'emballage particulier.

En outre, des tarifs spéciaux, comportant des prix réduits par rapport aux tarifs réguliers, ont été établis pour les principales marchandises donnant lieu à un trafic important.

Ajoutons que la loi de 1888 a interdit les tarifs de pénétration et les tarifs de faveur, qu'elle a rendu obligatoire la clause des stations non dénommées et la publication de tous les tarifs; qu'enfin, lorsqu'une compagnie veut relever des tarifs qui ont été abaissés, elle doit le faire connaître publiquement quinze jours d'avance, et que, si ces relèvements de taxes sont combattus par un particulier, la compagnie est tenue de prouver qu'ils sont justifiés devant le tribunal spécial chargé du règlement des litiges entre le public et les compagnies (*Railway Commission*).

Conclusion. — De l'étude sommaire qui précède, il n'est pas possible de tirer des conclusions fermes en ce qui concerne la comparaison des taxes perçues pour le transport des marchandises en France et à l'Étranger. Une telle comparaison, pour être complète et concluante, exigerait la consultation d'une quantité considérable de documents statistiques, dont la plupart font défaut. Toutefois l'impression fort nette qui se dégage des renseignements fournis ci-dessus, c'est que la tarification française, si elle est dans son ensemble aussi libérale que la tarification étrangère, présente par contre des divergences de réseau à réseau et des complications qui sont loin de se rencontrer au même degré dans les tarifs des chemins de fer étrangers et qui sont pour le public une source d'assez grandes difficultés. Des améliorations considérables ont déjà été réalisées à ce point de vue ; mais il y a encore beaucoup à faire dans la voie des simplifications, notamment par la création de tarifs communs à tous les réseaux, tarifs qui permettent seuls aux marchandises de voyager d'un bout à l'autre du territoire comme si la division en un certain nombre de réseaux distincts n'existait pas.

CHAPITRE V

DÉPENSES DE L'EXPLOITATION

Formules de MM. Picard, Ricour et Noblemaire. — Évaluation des dépenses d'exploitation dans le cas d'une ligne à grand trafic, à trafic moyen, à faible trafic. — Minimum des dépenses d'exploitation sur une ligne à voie normale. — Coefficient d'exploitation.

Les dépenses d'exploitation d'un chemin de fer sont très variables, car elles dépendent du service que le chemin de fer accomplit, c'est-à-dire de la recette.

La dépense augmente avec la recette, mais sans lui être proportionnelle; elle se compose, en effet, de plusieurs éléments dont les uns sont fixes et indépendants du trafic, et dont les autres croissent avec ce dernier, mais d'une manière assez irrégulière. Ainsi, l'entretien des terrassements et des ouvrages d'art est indépendant de la circulation; la surveillance et le gardiennage de la voie n'augmentent d'une manière sensible que lorsque le trafic devient très intense. Au contraire, l'entretien et le renouvellement de la voie dépendent essentiellement de l'activité de la circulation; mais ils augmentent moins vite qu'elle, attendu que, si l'usure de certaines parties de la voie, comme les rails, est proportionnelle au mouvement des trains, d'autres éléments, comme les traverses et le ballast, ont une durée à peu près indépendante de ce mouvement. Les dépenses de traction et d'exploitation proprement dite, c'est-à-dire celles des trains et des gares, subissent d'une manière plus sensible l'influence de l'augmentation du trafic; pourtant elles ne lui sont pas non plus proportionnelles. En effet, les frais de formation, de conduite et d'entretien d'un train sont à peu près les mêmes, que ce train soit vide ou chargé, et le personnel des stations, ainsi que leur dépense, ne peuvent pas descendre au-dessous d'un certain minimum.

La relation qui existe, sur un chemin de fer, entre les recettes et les dépenses de l'exploitation est donc assez compliquée et difficile à dégager. Le procédé le plus simple pour arriver à établir cette relation consiste dans la représentation graphique des deux élémeuts, recette et dépense. On porte en abscisses les produits bruts kilométriques et en ordonnées les dépenses

correspondantes et on trace une courbe qui passe, autant que possible, par les sommets de ces ordonnées.

Dans son *Traité des Chemins de fer*[1], M. Picard fait connaître les résultats qu'il a obtenus par ce procédé, en l'appliquant aux différents réseaux entre lesquels se répartissent les chemins de fer français.

Les résultats n'ont pas été absolument concordants, ce qui s'explique aisément par la différence de situation des réseaux, par les variations des charges afférentes aux travaux de réfection des voies et de renouvellement du matériel roulant, par les écarts dans le mode d'imputation de certaines dépenses au compte de premier établissement ou au compte d'exploitation.

Toutefois, dans leur ensemble, les courbes tracées affectent une forme parabolique et l'expression moyenne qui paraît se dégager des résultats obtenus, en ce qui concerne les chemins de fer d'intérêt général de la France continentale, est la suivante :

$$D = 4\,500 \text{ fr.} + 0{,}40\,R,$$

dans laquelle D désigne la dépense kilométrique moyenne et R la recette brute correspondante, impôt déduit.

La formule précédente est l'équation d'une ligne droite. Elle doit donc conduire à des chiffres trop forts pour les lignes à grand trafic et à des chiffres trop faibles pour les lignes peu productives ; toutefois les résultats qu'elle donne concordent assez bien avec les chiffres moyens des recettes et des dépenses d'exploitation des années 1882, 1883 et 1884, pour l'ensemble des chemins de fer d'intérêt général.

D'un autre côté, en se basant sur les résultats de l'exploitation des sept grands réseaux français pour 1883, M. Ricour a établi, pour la dépense kilométrique, la formule :

$$D = 6125 \text{ fr.} + 0{,}39\,R.$$

M. Noblemaire a donné une formule presque identique :

$$D = 6\,000 \text{ fr.} + 0{,}40\,R.$$

Mais les chiffres au moyen desquels ont été établies ces formules se rapportent tous à des années antérieures à la réforme des tarifs qui a eu pour conséquence des abaissements de taxes assez importants. Il en résulte qu'actuellement, pour une même recette brute, on doit pouvoir compter sur une dépense d'exploitation plus élevée. On peut se rendre compte de la mesure dans laquelle ces formules sont encore exactes à l'inspection du tableau suivant, qui donne les recettes et dépenses kilométriques de l'exploitation des

[1] A Picard. *Traité des Chemins de fer*, t. III.

lignes d'intérêt général pour l'année 1904, ainsi que la dépense correspondante, calculée par la formule de M. Picard et par celle de M. Ricour.

DÉSIGNATION DES RÉSEAUX	RECETTE brute.	DÉPENSE réelle.	DÉPENSE d'après la formule Picard.	DÉPENSE d'après la formule Ricour.
	fr.	fr.	fr.	fr.
Nord	63 256	33 928	29 802	31 302
Est	39 338	22 145	20 235	21 735
Ouest	32 963	18 485	17 685	19 185
P.-O.	31 999	15 030	17 299	18 799
P.-L.-M.	49 458	23 392	24 283	25 783
Midi	31 015	14 442	16 906	18 406
Etat	17 835	12 958	11 634	13 134
Ensemble du réseau d'intérêt général	38 479	19 992	19 891	21 391

Si l'on considère les chiffres relatifs à l'ensemble du réseau d'intérêt général, pour les dernières années d'exploitation, on trouve les résultats suivants :

ANNÉES	RECETTE brute.	DÉPENSE réelle.	DÉPENSE d'après la formule Picard.	DÉPENSE d'après la formule Ricour.
	fr.	fr.	fr.	fr.
1900	39 788	21 626	20 415	21 915
1901	38 041	21 422	19 716	21 216
1902	38 251	20 941	19 800	21 300
1903	38 467	20 443	19 886	21 386

Il résulte de là que, pour l'ensemble du réseau d'intérêt général, le chiffre de la dépense réelle est assez souvent intermédiaire entre celui de la formule de M. Picard et celui de la formule de M. Ricour.

Si l'on considère les réseaux séparement, les deux formules donnent des résultats trop faibles pour les réseaux du Nord, et de l'Est, et des chiffres plutôt un peu forts pour les autres réseaux.

Ce fait peut s'expliquer, au moins en partie, si l'on remarque que le trafic des réseaux du Nord et de l'Est comprend en plus grande proportion des marchandises transportées à des prix particulièrement réduits, tel que houille, minerais, produits métallurgiques, etc., et que, par suite, pour une même recette, la dépense correspondante doit être plus élevée.

Quoi qu'il en soit, d'ailleurs, du plus ou moins d'inexactitude de ces formules, on peut, par une analyse des divers éléments qui composent les dépenses d'exploitation, se rendre compte de leur importance et de leur rapport avec la recette.

C'est ce qu'a fait M. Sévène dans son *Cours de Chemins de fer*, en prenant trois exemples : une ligne à grande circulation, de 60 000 francs de recette kilométrique, une ligne à circulation moyenne, de 25 000 francs de recette et une ligne à faible trafic, comportant un mouvement journalier de cinq trains dans chaque sens. Nous résumons ci-dessous l'analyse de M. Sévène, après revision des chiffres qu'elle comporte.

Les différents articles qui composent les dépenses de l'exploitation peuvent être rattachés à cinq chapitres, savoir :

Entretien et surveillance de la voie ;
Traction et entretien du matériel ;
Exploitation proprement dite ;
Administration centrale ;
Renouvellements et travaux d'amélioration.

Ce dernier chapitre, très important pour la part à lui attribuer dans la dépense, est quelquefois compris dans les deux premiers, quelquefois compté à part, quelquefois aussi à peu près complètement omis dans les dépenses d'exploitation. En le faisant figurer à part, on évite toute incertitude et toute omission en ce qui concerne les dépenses qu'il comporte.

Ligne à grand trafic. — Sur une ligne d'un trafic de 60 000 francs la dépense d'entretien et de surveillance de la voie peut être évaluée à 3 500 francs par kilomètre de chemin de fer. Dans cette somme, la surveillance entre pour 1 000 francs, l'entretien de la voie et des bâtiments pour 2 250, les frais généraux, personnel, service central, pour 250 francs.

La dépense de traction des trains, dans les mêmes conditions de trafic, s'élève à peu près à 9 000 francs. La traction d'un train coûte, en effet, environ 1 franc par kilomètre ; la dépense de 9 000 francs représente, par conséquent, un parcours annuel de 9 000 kilomètres de trains par kilomètre de chemin de fer, soit par jour $\frac{9\,000}{365}$, ou 24 trains, c'est-à-dire 12 dans chaque sens.

La dépense de l'exploitation proprement dite peut être comptée à 15 p. 100 de la recette brute, soit à 9 000 francs.

L'administration centrale comprend les dépenses de la direction, du contentieux, de la comptabilité générale, du service des titres, enfin tout ce qui constitue les frais généraux applicables aux différents services du chemin de fer ; on peut les évaluer à 1 500 francs.

Enfin le dernier chapitre comprend le renouvellement de la voie et du matériel roulant et les travaux d'amélioration qu'il peut être nécessaire d'effectuer aux différents ouvrages du chemin de fer. Évaluons séparément ces diverses dépenses.

Le renouvellement de la voie dépend de son usure et surtout de celle du rail. Autrefois, quand on employait des rails en fer, leur durée moyenne était de 80 000 trains environ; sur une ligne à 9 000 trains par an et à 60 000 francs de trafic, il y a généralement deux voies; il y aurait donc à compter 4 500 trains par voie et par an. Si on admet le chiffre de 5 000 trains, pour tenir compte des trains en manœuvre, on voit que les rails en fer auraient une durée de $\frac{80\,000}{5\,000}$, soit seize ans. Cette durée est à peu près celle des traverses, si on les suppose en chêne, de sorte qu'on pouvait compter sur 1/16 de kilomètre à renouveler par an sur chaque voie, soit 1/8 par kilomètre de chemin de fer, puisque la ligne considérée est supposée à deux voies. Un kilomètre de renouvellement complet étant évalué à 22 000 francs, la dépense annuelle de renouvellement de la voie ressortait ainsi à $\frac{22\,000}{8}$, soit 2 750 francs.

Avec les rails d'acier, ces résultats se modifient. Ainsi que nous l'avons fait connaître déjà (IIIe partie), on n'est pas encore fixé sur la durée exacte des rails d'acier; mais, ce dont on est sûr, c'est que cette durée est beaucoup plus grande que celle des rails de fer ; les prévisions les plus modérées admettent pour les rails d'acier une durée au moins quintuple de celle des rails de fer. Dans les conditions de trafic où nous sommes placés, cette durée serait donc de quatre-vingts ans, correspondant au passage de 400 000 trains. Certains ingénieurs vont même bien au delà de ces chiffres : dans une *Note sur l'entretien des voies ferrées* (*Revue générale* de janvier 1886), MM. Piéron et Gasnier font connaître que, sur le réseau du Nord, le rail en acier du type Vignole, de 30 kilogrammes le mètre courant, est mis hors d'usage lorsque son poids a diminué de 3,756 kg., ce qui correspond à une circulation de 939 000 trains, le passage de 100 000 trains consommant environ 400 grammes d'acier.

Les chiffres ci-dessus assigneraient aux rails, sur une ligne de 60 000 francs de trafic, une durée de plus de cent quatre-vingts ans. C'est dire qu'il n'y aurait pas à se préoccuper de leur remplacement.

D'autre part, d'après les constatations faites sur le réseau P.-L.-M., et rapportés par M. Coüard (*Revue générale* de mars et juin 1884), l'usure régulière des rails d'acier, c'est-à-dire celle qui diminue progressivement leur section sous le passage des véhicules, est extrêmement lente ; sur les lignes les plus fréquentées du réseau, quand les freins n'agissent pas, elle atteint à peine $\frac{1}{10}$ de millimètre par an. L'usure est beaucoup plus considérable sur les pentes et aux abords des gares, par suite de l'action des freins ; elle est encore plus grande dans les tunnels, par suite de la rouille. D'après M. Coüard, l'usure régulière va en diminuant au fur et à mesure de la diminution du bombement du rail; après le passage de 50 000 à 60 000 trains,

elle n'est plus que de 1 millimètre pour 110 000 trains, pour la voie en palier et en alignement droit, et en dehors des gares et des tunnels, ce qui donne une durée moyenne d'environ cent ans aux rails de la ligne de Paris à Marseille, qui se trouvent dans ces conditions. Dans les tunnels longs et humides, la durée d'un rail d'acier est comprise entre huit et douze ans, quel que soit le trafic[1].

Les résultats ci-dessus montrent que le renouvellement des voies en acier doit être compté dans les dépenses de l'exploitation pour une somme infiniment moindre que celle qu'on admettait autrefois avec les rails en fer. Dans l'article déjà cité de MM. Piéron et Gasnier, on admet pour la dépense du remplacement d'un kilomètre de rails le chiffre de 10 000 francs environ, ce qui, en supposant que cette opération dure trente-trois ans, correspond à une dépense annuelle de 300 francs. Cette durée est assurément très admissible sur les lignes à grand trafic, puisqu'elle suppose une circulation moyenne de quatre-vingts à cent trains par jour dans chaque sens. Le chiffre de 300 francs est donc fort large, comme dépense de renouvellement des rails.

Pour le remplacement des traverses, on peut compter, d'après les mêmes ingénieurs, sur une dépense annuelle de 500 francs, en admettant pour les traverses une durée de quinze années.

De sorte qu'en définitive, la dépense totale à prévoir, pour le renouvellement de la voie, est de 800 francs par an au maximum.

Le renouvellement du matériel roulant peut être évalué à une annuité de 3 p. 100 de sa valeur; cette valeur est, pour une ligne à 60 000 francs de trafic, de 70 000 francs environ, ce qui donne une dépense de renouvellement égale à 2 000 francs.

Quant aux travaux d'amélioration, il est difficile de les évaluer, mais il faut cependant en tenir compte dans les dépenses afférentes à l'exploitation, et voici pourquoi.

Parmi les travaux qu'il est nécessaire d'exécuter sur une ligne exploitée, il en est qui consistent dans des constructions nouvelles ou des agrandissements considérables, qui augmentent nécessairement le capital d'établissement de la ligne et dont la dépense doit, par conséquent, être ajoutée au compte capital. Mais il en est d'autres qui ne sont que des améliorations de peu d'importance, des modifications de détail, qui n'augmentent pas en réalité d'une manière notable la valeur des ouvrages composant le chemin de

[1] D'après les renseignements communiqués par M. Bricka au Congrès international des Chemins de fer (Paris 1900) et fournis par les compagnies de l'Ouest et de l'Est français et par les chemins de fer autrichiens, l'usure des rails d'acier serait, dans les parties de voies en palier, où n'agissent pas les freins, de 1 millimètre environ pour 100 000 trains. Les chiffres fournis par la compagnie du Nord français correspondent à une usure de 1,86 mm. pour 100 000 trains. L'usure augmente considérablement sous l'action des freins. Elle peut devenir jusqu'à cinq fois plus fortes dans les parties où ils agissent sur tous les trains.

fer. Leur dépense doit, en bonne administration, être imputée au compte Exploitation. D'après M. Sévène, on peut évaluer cette dépense, sur une ligne à grand trafic, à 500 francs environ par kilomètre et par an.

Si nous récapitulons maintenant les dépenses d'exploitation pour la ligne à 60 000 francs de trafic kilométrique, nous obtiendrons le résultat suivant :

Entretien et surveillance de la voie	3 500 fr.	23 000 fr.
Traction et entretien du matériel	9 000 —	
Exploitation proprement dite	9 000 —	
Administration centrale	1 500 —	
Renouvellement de la voie	800 —	3 300 —
Renouvellement du matériel roulant	2 000 —	
Travaux d'amélioration	500 —	
Total		26 300 fr.

soit 43,8 p. 100 de la recette brute.

Ligne à trafic moyen. — Sur une ligne à circulation moyenne, desservie par six trains par jour dans chaque sens, et pour un trafic de 25 000 francs par kilomètre, les chiffres indiqués ci-dessus s'abaissent notablement, mais ils s'abaissent dans une proportion moindre que la recette ; on peut les évaluer de la manière suivante :

Entretien et surveillance de la voie	2 500 fr.	11 900 fr.
Traction et entretien du matériel	4 500 —	
Exploitation proprement dite	4 000 —	
Administration centrale	900 —	
Renouvellement de la voie	500 —	1 700 —
Renouvellement du matériel roulant	900 —	
Travaux d'amélioration	300 —	
Total		13 600 fr.

soit 54 p. 100 de la recette.

Ligne à faible trafic. — Considérons maintenant une ligne à faible trafic, de l'ordre de celles qui nous ont servi à faire l'évaluation du matériel roulant, et voyons à quel chiffre on pourra réduire la dépense d'exploitation.

Sur une pareille ligne, la surveillance de la voie peut être moins active que sur une ligne à grande et à moyenne fréquentation ; de plus, la surveillance de nuit, qui était supposée complète dans la première hypothèse, partielle dans la deuxième, c'est-à-dire s'appliquant seulement à certaines sections, devient nulle dans la troisième. L'entretien courant reste le même pour l'infrastructure, mais il diminue beaucoup pour la voie, par suite de sa moindre fatigue. En moyenne, on peut admettre, pour l'entretien et la surveillance de la voie, le chiffre de 1 500 francs.

En ce qui concerne la traction, le nombre des trains étant supposé de cinq dans chaque sens, soit 10 trains par jour, le parcours annuel est de 3 650 kilomètres qui, à 1 franc le kilomètre (entretien du matériel compris) donneraient une dépense de 3 650 francs. Mais il faut remarquer que, sur une ligne à faible trafic, les trains sont relativement peu chargés et que, le nombre des véhicules par train étant moindre, la part de l'entretien du matériel rapporté au nombre des trains est également moindre ; on peut admettre pour la traction une dépense de 2 500 francs, soit à peu près 0,70 fr. par kilomètre de train.

La dépense de l'exploitation proprement dite peut être réduite aussi, et, en observant la même proportion que dans les exemples précédents, fixée à 2 200 francs.

Enfin les frais d'administration peuvent être évalués à 1/20 des dépenses précédentes, soit à 300 francs.

En ce qui concerne les renouvellements, la dépense réelle sera nulle ou à peu près dans les premières années de l'exploitation, mais il n'en faut pas moins la compter, car elle existe. Ce qui constitue la dépense réelle d'une exploitation, ce n'est pas ce qu'elle paie, mais ce qu'elle consomme ; or si, dans les premières années, on ne renouvelle ni la voie ni le matériel, on les use cependant et il est indispensable de comprendre la dépense correspondante dans le coût de l'exploitation. Évaluons donc cette dépense.

Pour la voie, ce sera bien peu de chose ; en effet, la voie *posée en rails d'acier* ne donnera lieu, on peut le dire, à aucune dépense pour le renouvellement des rails ; ceux-ci pourront avoir sur une ligne à 3 650 trains par an, soit 4 000 trains en chiffres ronds, une durée de plus de *deux cents ans ;* c'est assez dire qu'il n'y a pas à se préoccuper de leur remplacement. Il n'en est pas de même des traverses, qui devront être renouvelées au bout de quinze ou seize ans, comme pour toutes les autres lignes, ce qui constituera la principale dépense du renouvellement. On peut l'évaluer au total à 300 francs environ.

Le renouvellement du matériel coûtera environ 3 p. 100 de sa valeur, soit $\frac{3}{100}$ de 20 000 francs, ou 600 francs.

Quant aux travaux d'amélioration, on peut leur consacrer une somme annuelle de 100 francs.

On a ainsi le tableau suivant des dépenses :

Entretien et surveillance de la voie	1 500 fr.	6 500 fr.
Traction et entretien du matériel	2 500 —	
Exploitation proprement dite	2 200 —	
Administration centrale	300 —	
Renouvellement de la voie	300 —	1 000 —
Renouvellement du matériel roulant	600 —	
Travaux d'amélioration	100 —	
Total		7 500 fr.

Telle est la dépense minimum de l'exploitation d'une ligne d'intérêt général, posée en rails d'acier, en la supposant desservie par cinq trains dans chaque sens et assujettie aux diverses obligations du cahier des charges des grands réseaux.

Remarquons que, si la voie était posée en rails de fer, la dépense serait plus élevée, parce qu'il faudrait tenir compte de l'usure des rails et de leur remplacement par des rails d'acier. C'est pour cette raison que M. Sévène, donne, dans les mêmes conditions de fréquentation, une dépense de 8 000 francs.

M. Jacqmin, dans son *Traité de l'Exploitation des Chemins de fer*, donne un chiffre de 8 500 francs par kilomètre pour les chemins de fer d'intérêt local exploités par la compagnie de l'Est en 1865.

Minimum des dépenses d'exploitation. — Il ne faudrait pas conclure de ce qui précède qu'il soit impossible d'exploiter une ligne à voie normale pour moins de 7 500 francs par kilomètre, même en y comprenant les dépenses de renouvellement. Il est facile de s'en rendre compte.

En effet, beaucoup de lignes à faible trafic peuvent être très convenablement desservies au moyen de trois trains dans chaque sens, au lieu de cinq; il résulte de cette réduction du nombre des trains une notable économie, d'une part, dans les dépenses de traction, d'autre part, dans celles d'entretien et de surveillance de la voie.

Dans la note déjà citée[1], MM. Piéron et Gasnier ont fait voir que la dépense kilométrique d'entretien des lignes peu importantes, posées en rails d'acier, pouvait être fixée en moyenne à 1 500 francs, y compris le renouvellement. Dans les premières années, si la ligne a été bien construite, pourvue d'un bon ballast et de traverses de bonne qualité, elle pourra être entretenue au moyen d'une allocation kilométrique de 1 200 francs; puis, à mesure que les traverses s'useront et que leur remplacement s'imposera, il sera nécessaire d'augmenter ce crédit d'une certaine somme, rapidement croissante, et atteignant au bout de quelques années 300 francs. On peut donc porter pour le premier article 1 200 francs et compter 300 francs pour le renouvellement.

Le mouvement de six trains par jour donne 2 190 kilomètres de parcours dans l'année ; mettons 2 400, pour tenir compte des manœuvres et des trains extraordinaires. A 0,70 fr. le kilomètre, cela donne une dépense de 1 680 francs.

Les dépenses de l'exploitation proprement dite peuvent être également réduites, ainsi que nous le montrerons tout à l'heure par des exemples, à la

[1] *Revue générale* (janvier 1886).

condition de se contenter d'installations modestes et d'un personnel restreint dans les gares; elles peuvent s'abaisser au chiffre de 1 000 francs.

Admettons, comme précédemment, $\frac{1}{20}$ des dépenses ci-dessus pour les frais d'administration centrale, soit 200 francs.

Comptons 300 francs pour le renouvellement de la voie; 3 p. 100 du prix du matériel roulant évalué à 15 000 francs, soit $\frac{3}{100}$ de 15 000 francs, ou 450 francs; enfin, 70 francs par an pour travaux d'amélioration.

Nous aurons, pour les dépenses, le tableau suivant :

Entretien et surveillance de la voie	1 200 fr.	4 080 fr.
Traction et entretien du matériel.	1 680 —	
Exploitation proprement dite, ...	1 000 —	
Administration centrale	200 —	
Renouvellement de la voie.	300 —	820 —
Renouvellement du matériel roulant	450 —	
Travaux d'amélioration	70 —	
Total.		5 000 fr.

Telle est le chiffre minimum auquel on peut fixer, croyons-nous, la dépense d'exploitation d'une ligne à voie normale posée en rails d'acier, en y comprenant les frais de renouvellement de la voie et du matériel.

Cette conclusion se trouve confirmée par l'examen des résultats d'exploitation des lignes à faible trafic et, en particulier, par ceux qui ont été obtenus sur les lignes secondaires de la compagnie du Nord, à qui revient le mérite d'avoir, la première, réalisé l'exploitation économique des lignes à faible trafic qui lui ont été concédées par les conventions de 1883[1].

La compagnie du Nord, en effet, estimant que, pour rendre l'exploitation économique, il fallait la simplifier et ne pas appliquer sur les petites lignes les procédés en vigueur sur les grandes artères de son réseau, a eu l'idée de former de toutes ses lignes secondaires, c'est-à-dire de plus de 1 500 kilomètres, une douzaine de petits réseaux locaux de 80 à 250 kilomètres de longueur, indépendants les uns des autres et s'administrant avec une certaine autonomie par rapport au réseau principal.

« Sans doute, dit M. Sampité, cette indépendance et cette autonomie étaient suffisamment limitées pour qu'on n'eût pas à redouter les inconvénients d'un particularisme exagéré, qui sont fréquents dans les petites compagnies de chemin de fer et qu'il n'est pas rare de rencontrer dans les grandes, tels que détournements de trafic au prix de parcours plus longs sur des profils moins bons, accaparement de matériel au détriment du voisin, etc.

[1] Voir, à ce sujet, *Les Chemins de fer à faible trafic en France*, par Sampité. Paris, 1888, 1 vol. et atlas.

« Mais on donnait aux chefs de groupe une autorité directe sur leur personnel, des pouvoirs suffisants pour régler promptement les indemnités à payer au public ; on leur affectait un matériel de traction spécial. On leur laissait une grande liberté d'action, partant une grande responsabilité ; et une sorte de concours était ouvert entre tous les groupes, dont les résultats d'exploitation, dépenses et recettes, faisaient l'objet de comptes distincts permettant d'établir des comparaisons et d'en tirer des conclusions. »

La compagnie du Nord revenait ainsi, en définitive, au système des compagnies locales, qui exploitaient ces lignes avant le rachat, avec les embarras financiers en moins, avec l'émulation en plus.

Les résultats obtenus par cette importante mesure ont été considérables : en ajoutant aux économies produites par ce procédé les réductions de dépenses réalisées sur les grandes lignes, par suite de la diminution des recettes, la compagnie du Nord est arrivée à ce remarquable résultat, pour l'année 1885, de réduire ses dépenses d'exploitation de 5 407 000 francs, alors que ses recettes ne diminuaient que de 5 184 000 francs.

Les économies réalisées sur les lignes à faible trafic proviennent de plusieurs sources : d'une part, le personnel des stations est fort restreint; souvent il comprend un chef de station seul, ou aidé par sa femme, quelquefois assisté d'un homme d'équipe ; un certain nombre de stations et de haltes sont gérées exclusivement par des femmes de cantonniers, auxquelles on peut donner un salaire bien plus modeste qu'aux chefs de station. D'un autre côté, le service des trains est assuré soit par des *trains légers*, dont l'organisation économique a été expliquée précédemment (voy. chap. I) soit par des *trains-tramways*, qui ne sont qu'un cas particulier des trains légers, et dont la dépense est bien plus faible que celle des trains ordinaires; d'après M. Sampité, la dépense kilométrique des trains-tramways est, en effet, de 0,29 fr. à peine, en y comprenant seulement les dépenses de personnel, de combustible et de graissage ; elle s'élèverait à 0,40 fr. environ si l'on tenait compte des frais généraux, de l'entretien et des grosses réparations.

Dans ces conditions, les dépenses d'exploitation des groupes de lignes secondaires de la compagnie du Nord se sont élevés à 4 500 francs environ, en n'y comprenant pas les frais de gares communes avec le réseau principal, ni les dépenses d'administration centrale; ces dépenses se répartissent à peu près comme il suit :

Voie et bâtiments	1 600 fr.
Matériel et traction	1 870 —
Exploitation	1 030 —
Total	4 500 fr.

Le mouvement est supposé égal à quatre trains dans chaque sens; la recette kilométrique est de 8 000 francs environ.

Pour avoir l'estimation totale de la dépense d'exploitation, telle que nous l'avons définie plus haut, c'est-à-dire en tenant compte des frais d'administration centrale et de renouvellement, il suffirait d'ajouter au chiffre ci-dessus une somme de 800 à 1 000 francs au plus, de sorte que la dépense totale ne dépasserait pas 5 500 francs.

Ce résultat nous paraît concorder d'une manière très satisfaisante avec les chiffres que nous avons donnés pour représenter la dépense d'exploitation d'une ligne à trois trains dans chaque sens ; nous pouvons donc admettre que cette dépense, pour une ligne exploitée dans les conditions les plus économiques au moyen de trains légers et avec un personnel restreint dans les gares, sera de 5 000 francs environ par kilomètre.

Coefficient d'exploitation. — On nomme *coefficient d'exploitation* le rapport de la dépense d'exploitation à la recette brute pendant la même année.

Voici quelles ont été, pendant l'année 1904, les recettes et les dépenses de l'exploitation des grands réseaux français, ainsi que les coefficients d'exploitation correspondants :

	LONGUEUR moyenne exploitée.	RECETTES par kilomètre.	DÉPENSES par kilomètre	COEFFICIENT d'exploitation.
	kil.	fr.	fr.	
Nord	3 765	63 256	33 928	53,3
Est	4 857	39 338	22 145	55,9
Ouest	5 829	32 963	18 485	56,4
Orléans	7 384	31 999	15 030	47,3
P.-L.-M.	9 283	49 458	23 392	47,8
Midi	3 764	31 015	14 442	46,6
Etat	2 916	17 835	12 958	72,7

Comme il était facile de le prévoir, c'est le réseau de l'État qui, en raison de ses faibles recettes, a le coefficient d'exploitation le plus élevé. Ce résultat ne tient nullement à une gestion défectueuse, comme voudraient le faire croire certains esprits systématiquement hostiles à l'exploitation par l'État ; ainsi que nous avons déjà eu l'occasion de le faire remarquer, le réseau de l'État est exploité, en France, avec une économie aussi grande, sinon plus grande que les réseaux des compagnies. Malheureusement, la constitution de ce réseau, formé en 1878 par la réunion de tronçons de lignes, disséminés, enserrés entre les réseaux voisins de l'Ouest et d'Orléans, quelques-uns inachevés et mal outillés, l'a placé pendant plusieurs années dans des conditions déplorables au point de vue d'une exploitation économique. Les conventions de 1883 et l'ouverture de diverses lignes ont, depuis cette épo-

que, sensiblement amélioré sa structure; mais elles lui ont en même temps imposé au point de vue de la répartition du trafic des sujétions et des servitudes telles qu'un ministre des Travaux publics a pu dire à la Chambre des députés (séance du 12 janvier 1900) :

« Il est résulté des conventions de 1883 que le réseau de l'État a été le camionneur, en quelque sorte, — la Chambre me permettra d'employer cette expression — de deux réseaux, celui de l'Orléans et celui de l'Ouest. Vous savez, en effet, que, grâce à des stipulations tout à fait anormales et à un régime absolument spécial, le réseau de l'État a pour fonction principale d'apporter son trafic, pour les deux tiers des régions qu'il dessert, aux compagnies d'Orléans et de l'Ouest. »

En outre, tel qu'il est constitué, le réseau de l'État, qui dessert un pays presque exclusivement agricole, ne pourra jamais prétendre qu'à un trafic restreint, bien inférieur à celui des grandes compagnies. Nous avons, d'ailleurs, montré (chapitre II, page 289) que c'est grâce à l'exploitation par l'État et aux abaissements de tarifs qui en ont été la conséquence que le mouvement des voyageurs et des marchandises a acquis, sur ce réseau, l'importance qu'il a aujourd'hui.

Pourtant, les critiques les plus vives et les moins fondées ont été adressées à l'administration des chemins de fer de l'État et, malheureusement, elles ont été appuyées par le témoignage d'hommes éminents et dont on aurait pu espérer plus d'impartiabilité.

M. Léon Say a, en effet, inséré ce qui suit dans le *Journal des économistes* (novembre 1882) :

« Il est facile aujourd'hui de s'assurer que l'exploitation par l'État est une des plus colossales erreurs qu'on ait pu commettre; l'échec est absolu, irrémédiable... C'est un désastre. En quatre ans, le produit net des chemins formant ce qu'on appelle l'ancien réseau d'État a diminué de plus de 20 p. 100. La proportion de la dépense aux recettes monte d'année en année; de 78,76 p. 100 en 1878, elle s'est élevée à 84,63 p. 100 en 1881 [1]. En trois ans, le déficit de l'opération a été de 40 millions de francs. Les contribuables ont fait les frais de cette expérience, en sortant de leur poche 40 millions de francs, et ils sont exposés à payer tous les ans, pour couvrir les pertes, des sommes toujours croissantes... »

M. Picard, dans son *Traité des Chemins de fer* [2], a fait justice de ces critiques, fondées sur une appréciation inexacte des faits et il a établi, par la production de documents officiels, les deux conclusions suivantes :

1° Si l'on compare les résultats d'exploitation de lignes ayant à peu près

[1] Ces faits s'expliquent tout simplement par la mise en service de lignes peu productives et par l'abaissement des tarifs, qui a procuré au public des économies considérables que nous avons déjà évaluées.

[2] T. Ier, p. 641 et suivantes.

le même trafic, au lieu de prendre des réseaux entiers qui ne sont nullement comparables, le coefficient d'exploitation pour l'État n'est pas plus élevé que pour les compagnies.

Ainsi, pour l'ensemble des lignes dont la recette kilométrique est inférieure à 26 000 francs, le coefficient d'exploitation des compagnies a varié, de 1879 à 1883, entre 68 et 110 p. 100, alors que celui de l'État s'est maintenu entre 79 et 91 p. 100.

2° Si l'on cherche quels auraient été les coefficients d'exploitation du réseau de l'Etat, si les anciens tarifs avaient continué à être appliqués, on trouve qu'au lieu de croître, ces coefficients auraient diminué depuis 79 p. 100 en 1879, jusqu'à 74 p. 100 environ en 1883, et que les dégrèvements dont le public a bénéficié par suite de la réduction des taxes ont été de :

1 670 850 fr.	en	1880
4 881 200	—	1881
6 868 400	—	1882
7 616 600	—	1883

Il résulte donc très nettement des conclusions de l'étude de M. Picard que les critiques adressées à l'État, au sujet de sa prétendue incapacité à exploiter les chemins de fer, ne sont pas fondées. Les critiques n'en ont, d'ailleurs, pas moins continué à se produire, soit sous l'influence de motifs d'intérêt particulier, soit par suite de cet état d'esprit assez généralement répandu qui trouve commode d'accepter des opinions toutes faites, plutôt que d'étudier les véritables données d'une question avant de se prononcer sur elle.

On sait d'ailleurs, d'après les comptes d'administration publiés annuellement par le réseau de l'État, que les appréciations pessimistes de Léon Say se sont trouvées complètement démenties par les faits et que les recettes de ce réseau ont continué leur marche ascendante ; elles étaient de 12 938 francs par kilomètre en 1887, de 13 637 francs en 1890, de 15 115 francs en 1895, de 17 377 francs en 1900. Elles ont atteint 18 457 francs en 1905. Quant au coefficient d'exploitation, il a diminué progressivement par suite des économies réalisées : il n'était plus que de 72,3 en 1905.

Le produit net du réseau (excédent des recettes sur les dépenses versé au Trésor public) qui était de 7 626 000 francs en 1888, s'est progressivement accru par suite de l'augmentation du trafic ; il était de 14 896 000 francs en 1905.

SIXIÈME PARTIE

CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL

CHEMINS DE FER A VOIE ÉTROITE. — TRAMWAYS [1]

CHAPITRE PREMIER

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Loi du 11 juin 1880 sur les chemins de fer d'intérêt local et les tramways. — Aperçu des économies que procure l'adoption d'une largeur de voie de 0,80 m. à 1 mètre. — Économies dans les dépenses de construction. — Exemples. — Économies dans les dépenses d'exploitation. — Exemples. — Conclusions. — Lignes à voie de 0,60 m.

Chemins de fer d'intérêt local. — Les chemins de fer d'intérêt local ont été pour la première fois définis en France par une loi du 12 juillet 1865, dont nous avons exposé précédemment (Ire partie, chap. IV) les principales imperfections, et qui a été remplacée depuis par celle du 11 juin 1880.

Aux termes de cette dernière loi, il peut être établi des chemins de fer d'intérêt local par les départements ou par les communes dans des conditions prévues par un cahier des charges type, qui a été préparé par le Conseil d'État et approuvé par un décret du 6 août 1881. Ces chemins peuvent être exécutés directement par les départements ou les communes, ils peuvent également être concédés. Ils font, dans tous les cas, partie de la grande voirie et appartiennent au domaine public départemental ou communal. L'utilité publique des travaux est déclarée et leur exécution autorisée par une loi. Rien n'est spécifié dans la loi de 1880 sur le système de construction de ces chemins et, en particulier, sur la largeur à donner à la voie. Quant aux dispositions relatives à la concession, elles sont, en général, analogues à celles

[1] Nous n'entendons donner, dans cette sixième partie, que des notions sommaires sur les chemins de fer d'intérêt local, les chemins de fer à voie étroite et les tramways, cette question ayant fait, de notre part, l'objet d'un ouvrage spécial.

qui s'appliquent aux chemins d'intérêt général et sont insérées dans le cahier des charges type. Les tarifs sont homologués par le préfet du département, sauf dans le cas où les lignes s'étendent sur le territoire de plusieurs départements; l'homologation appartient, dans ce cas, au ministre des Travaux publics. Quant au contrôle de l'exploitation, il est également réservé au préfet, sous l'autorité du ministre.

Des subventions peuvent être accordées par l'État en cas d'insuffisance du produit brut pour couvrir les dépenses de l'exploitation et 5 p. 100 du capital de premier établissement, tel qu'il a été fixé par l'acte de concession.

La subvention de l'État est formée : 1° d'une somme fixe de 500 francs par kilomètre exploité; 2° du quart de la somme nécessaire pour élever la recette brute annuelle (impôts déduits) au chiffre de 10 000 francs par kilomètre de ligne à voie normale et de 8 000 francs par kilomètre de ligne à voie étroite. En aucun cas, cette subvention ne peut élever la recette brute au-dessus de 10 500 francs et de 8 500 francs suivant les cas, ni attribuer au capital de premier établissement plus de 5 p. 100 par an. Enfin, elle n'est exigible qu'à la condition qu'une partie au moins équivalente sera payée par le département ou la commune, avec ou sans le concours des intéressés.

Par dérogation aux dispositions de la loi du 15 juillet 1845 sur la police des chemins de fer, le préfet peut dispenser de poser des clôtures sur tout ou partie des lignes d'intérêt local; il peut également autoriser la suppression des barrières au croisement des chemins peu fréquentés.

D'ailleurs, à toute époque, la voie ferrée peut être distraite du domaine public départemental ou communal pour être classée dans le domaine de l'État.

En somme, le caractère des chemins de fer d'intérêt local, c'est d'être, en quelque sorte, la vicinalité des chemins de fer, c'est-à-dire de se composer de lignes accessoires destinées à relier des localités secondaires aux localités principales, d'avoir une faible longueur, un trafic peu important et, comme conséquence, d'être établies suivant un programme plus modeste et plus économique que celui qui sert pour l'établissement des lignes dites d'intérêt général.

La loi de 1865, qui avait institué les chemins de fer d'intérêt local, n'avait pas réalisé les espérances conçues par ses auteurs. C'est ainsi qu'au 31 décembre 1870, la longueur livrée à l'exploitation n'était que de 268 kilomètres, celle en construction ou à construire de 1 502 kilomètres. Les raisons de cet insuccès sont de deux sortes : d'une part, la loi prévoyait le concours de l'État sous forme de subventions en capital, accordées une fois pour toutes, ce qui permettait aux spéculateurs de commencer les entreprises, de réaliser

d'énormes bénéfices pendant la construction et de les abandonner ensuite au moment de l'exploitation ; d'autre part, des erreurs avaient été commises dans la conception des lignes d'intérêt local, qui avaient été, pour la plupart, établies et exploitées comme les grandes lignes, c'est-à-dire avec un luxe de dépenses hors de proportion avec les recettes qu'on pouvait espérer. La plus grande de ces erreurs a consisté à conserver pour ces chemins de fer la voie normale des grandes lignes, au lieu d'adopter une voie à écartement réduit, qui permet de réaliser, comme nous le verrons bientôt, une économie importante sur la construction et l'exploitation.

La loi de 1880 a fait disparaître les principaux inconvénients de celle de 1865, en donnant au concours de l'État la forme d'une garantie d'intérêt accordée sour certaines conditions, et en empêchant les combinaisons qui, au moyen de sections de lignes ajoutées bout à bout dans les départements voisins, arrivaient à créer de véritables concurrences aux grandes lignes subventionnées par l'État. Mais cette loi n'a rien fixé en ce qui concerne la largeur de la voie à adopter; certaines lignes d'intérêt local pourront, grâce à cette liberté, être établies, avec la voie normale lorsque leur situation particulière l'exigera; mais on peut affirmer que, pour arriver à donner au réseau vicinal des chemins de fer le développement qu'il comporte et qui est dans la nature des choses, il faudra adopter le plus souvent la voie étroite.

Au 31 décembre 1904 la longueur totale des chemins de fer d'intérêt local comprenait en France 8 297 kilomètres, dont 6 418 en exploitation et 1 879 en construction ou à construire ; sur les 6 418 kilomètres en exploitation, 4 695 étaient établis avec une voie de 1 mètre de largeur; le surplus était à voie normale. La dépense totale d'établissement sur les parties exploitées s'élevait à 689 432 000 francs, faisant ressortir à 108 000 francs environ le prix du kilomètre de chemin[1]. Les recettes brutes totales en 1904 ont été de 49 140 000 francs et les dépenses d'exploitation de 37 080 000 francs ; le produit net kilométrique moyen ressort ainsi à un peu moins de 2 000 francs, mais cette moyenne s'éloigne beaucoup des chiffres extrêmes qui ont servi à l'établir. Indépendamment du chemin de fer métropolitain de Paris, dont le produit net a atteint 212 000 francs par kilomètre, il y a des chemins dont le produit net atteint et dépasse 6 000 francs, d'autres sont en déficit de plus de 2 000 francs ; il en est un, celui de Bayonne à Biarritz, qui a 8 kilomètres de longueur et dont le produit net est de 24 500 francs, et un autre, celui de la Croix-Paquet à la Croix-Rousse (à Lyon) qui n'a qu'un kilomètre de longueur et qui donne un produit net de 192 000 francs.

[1] Ces chiffres comprennent, pour 32 kilomètres, le chemin de fer métropolitain de Paris, dont la dépense d'établissement est de 161 368 000 francs, soit plus de 5 millions par kilomètre.

Tramways. — La loi du 11 juin 1880 contient dans son chapitre II les dispositions relatives à une catégorie spéciale de lignes d'intérêt local, celles qui sont établies en totalité ou en partie sur le sol des routes dépendant du domaine public de l'État, des départements ou des communes ; ces lignes portent le nom de tramways, que la traction y soit faite par des chevaux ou à l'aide de moteurs mécaniques.

Cette catégorie de voie ferrées, dont la loi de 1865 ne faisait pas mention et qui a pris en France un grand développement, peut être établie d'une manière bien plus économique que les chemins de fer ordinaires, à égalité de largeur de voie, puisqu'elle permet de supprimer ou tout au moins de diminuer dans une large mesure la partie la plus aléatoire de la dépense, celle de l'acquisition des terrains. Elle fournit une solution particulièrement heureuse des chemins de fer à bon marché, en même temps qu'elle utilise pour l'établissement de la voie les accotements des routes, qui sont souvent fort larges et d'un entretien coûteux, eu égard à la faible circulation de voitures qu'elles ont à supporter. L'expérience démontre d'ailleurs qu'il n'y a pas à s'inquiéter outre mesure du danger que présente pour les piétons et pour les chevaux la circulation sur le sol des routes de trains remorqués par des moteurs mécaniques ; ce danger est, en somme, assez faible et peut être atténué par une exploitation prudente ; il n'est pas, en tout cas, de nature à faire repousser en principe le système des chemins de fer sur routes.

D'après la loi de 1880, la concession des tramways est accordée par l'État, lorsqu'ils empruntent le sol des routes nationales, par le département lorsqu'ils sont établis sur les routes départementales, les chemins de grande communication ou d'intérêt commun, ou lorsqu'ils s'étendent sur le territoire de plusieurs communes ; la concession est faite par la commune quand la voie ferrée emprunte un chemin vicinal ordinaire ou un chemin rural.

Les dispositions relatives aux tramways sont analogues à celles qui s'appliquent aux chemins de fer d'intérêt local. D'après l'article 36 de la loi, la subvention de l'État est formée :

1° D'une somme fixe de 500 francs par kilomètre exploité ;

2° Du quart de la somme nécessaire pour élever la recette brute annuelle (impôts déduits) au chiffre de 6 000 francs par kilomètre.

En aucun cas, cette subvention ne peut élever la recette brute au-dessus de 6 500 francs, ni attribuer au capital de premier établissement plus de 5 p. 100 par an[1].

[1] Une instruction a été ouverte dès 1890 dans toute la France par les soins du ministère des Travaux publics à l'effet de déterminer les modifications dont certaines parties de la loi du 11 juin 1880 paraissaient susceptibles. Un questionnaire a été adressé dans ce but aux conseils généraux, aux Sociétés concessionnaires et, en général, à tous les intéressés. Enfin le 16 fé-

Au 31 décembre 1904 la longueur totale des tramways (pour voyageurs et marchandises) était en France de 5 835 kilomètres, comprenant 4 500 kilomètres en exploitation, et 1 335 kilomètres en construction ou à construire. Dans ces chiffres ne sont pas compris les tramways qui font seulement le service des voyageurs, avec ou sans messageries, et dont la longueur est de 2 271 kilomètres, dont 1 947 en exploitation et 324 en construction. La dépense totale d'établissement des parties exploitées s'élevait à 240 742 000 francs, soit à 53 500 francs environ par kilomètre. Les recettes brutes totales ont été de 15 972 000 francs et les dépenses de 13 603 000 francs. Le produit net kilométrique moyen ressort à 570 francs; mais les chiffres extrêmes sont très éloignés de la moyenne. Certains tramways ont un produit net supérieur à 6 000 francs par kilomètre, d'autres présentent un déficit kilométrique de plus de 2 000 francs.

Aperçu des économies que procure l'adoption d'une largeur de voie de 0,80 m. a 1 mètre. — Nous avons vu qu'en matière de chemins de fer on considère comme voie normale celle dont l'écartement des rails est de 1,44 m. à 1,45 m., mesuré à l'intérieur de la voie. C'est cette dimension qui, après divers tâtonnements, a été adoptée pour l'établissement du réseau ferré de presque tous les pays, sauf le Portugal, l'Espagne et la Russie, qui ont pris une largeur de voie plus grande. Tous les chemins de fer dans lesquels l'écartement des rails est inférieur à 1,44 m. sont dits à *voie étroite*.

Nous avons vu (IIIe partie, livre Ier, chap. Ier) qu'au moment où l'on a adopté définitivement la largeur de 1,44 m. pour la voie normale des chemins de fer, l'une des principales raisons qu'on a fait valoir en faveur de son adoption était tirée de l'économie importante qu'elle permettait de réaliser par rapport aux voies plus larges qu'on voulait lui opposer. L'emploi d'une voie plus large ne pouvait, en effet, se justifier que par le désir d'y faire circuler des machines plus puissantes, c'est-à-dire plus lourdes, ce qui nécessitait en même temps l'adoption de rails plus forts.

Une raison semblable milite actuellement en faveur de l'adoption d'une voie plus étroite que la voie normale pour l'établissement des lignes desti-

vrier 1892, le gouvernement a présenté un projet de loi, délibéré par le Conseil d'Etat et destiné à modifier sur certains points la loi du 11 juin 1880.

Les modifications prévues devaient porter sur trois points essentiels, savoir :

Le mode et le quantum du concours financier de l'Etat, du département et de la commune ;

La fixation du capital de construction et des frais d'exploitation :

La proportion entre le capital actions et le capital obligations.

Ce projet de loi n'a pas encore été adopté par le Parlement. Par contre, le décret du 6 août 1881 portant règlement d'administration publique pour l'exécution de la loi de 1880 a été, à plusieurs reprises, modifié : il est actuellement remplacé par un décret du 16 juillet 1907.

Un décret de la même date a également modifié certaines dispositions des cahiers des charges types des chemins de fer d'intérêt local et des tramways.

Enfin, une nouvelle instruction est actuellement en cours en vue d'arriver à la modification de la loi du 11 juin 1880.

nées à desservir un faible trafic, et la réduction de largeur de la voie peut conduire à des économies assez importantes dans certains cas pour rendre possible et fructueuse la construction d'une ligne qui, établie à voie normale, serait ruineuse pour la compagnie qui l'entreprendrait.

C'est ce que nous allons établir en examinant les diverses économies que peut procurer l'adoption de la voie étroite, dans la construction et dans l'exploitation.

Économies dans les dépenses de construction. — Les économies qu'on peut réaliser dans la construction d'un chemin de fer, en adoptant une voie de largeur réduite, proviennent principalement de deux causes, savoir : l'emploi de courbes plus prononcées, et l'adoption d'une voie plus légère.

Ce qui limite les courbes sur les chemins de fer, c'est, ainsi que nous l'avons vu, la solidarité des roues et le parallélisme des essieux, c'est-à-dire deux conditions qui tiennent au mode de construction du matériel roulant. Or, si l'on adopte une voie plus étroite, le matériel roulant sera aussi plus étroit, la longueur des wagons diminuera proportionnellement, de sorte que l'écartement des essieux sera aussi plus réduit. Et, comme l'écartement des essieux est le principal obstacle à la diminution du rayon des courbes, on voit qu'il résultera de l'emploi de la voie étroite la possibilité d'adopter des courbes plus prononcées et, par suite, de réaliser des économies importantes dans la dépense d'établissement de la plate-forme, en raison de facilité plus grande qu'on aura pour épouser la forme du terrain.

« Cet avantage, dit M. Sévène, est d'autant plus marqué que la voie sera plus étroite. Les essais de petite voie qui ont lieu jusqu'ici ont varié entre 0,76 m. et 1,15 m. de largeur. Il y a une application de l'écartement de 0,61 m., sur le chemin de fer de Festiniog, dans le pays de Galles, mais les ingénieurs qui l'exploitent recommandent eux-mêmes de ne pas descendre aussi bas. Tous les autres chemins à petite voie ont des écartements compris entre 0,76 m. et 1,15 m. et l'on s'accorde en général à regarder l'écartement de 0,90 m. à 1 mètre, comme celui qui concilie le mieux les économies du tracé et les facilités de construction du matériel. Avec cet écartement de 0,90 m. à 1 mètre, on peut sans difficulté franchir des courbes de 100 mètres de rayon, et, exceptionnellement, des courbes plus raides, dans les gares par exemple. »

L'adoption de rayons de courbure pouvant descendre jusqu'à 100 mètres en pleine voie, et au-dessous dans les gares, jointe à la réduction de largeur de la plate-forme, conduit à une économie que M. Sévène évalue à la moitié environ de ce que coûterait une ligne établie d'après le programme ordinaire.

La dépense de la voie dépend de son poids et celui-ci dépend lui même

du poids des machines qui doivent y circuler. Or, l'expérience fournie par les chemins à voie étroite en exploitation montre que l'emploi de machines à trois essieux du poids de 20 à 24 tonnes donne toute satisfaction au point de vue du service de la traction ; la charge par essieu est de 7 à 8 tonnes. C'est à peu près la moitié de celle qu'on admet couramment sur les lignes à voie normale. Elle conduit à l'emploi de rails pesant de 18 à 20 kilogrammes le mètre courant, soit la moitié des rails ordinaires.

De même les traverses, supportant une voie moins large et recevant une charge plus faible, peuvent être réduites en longueur et en épaisseur, et leur prix s'abaisse à la moitié environ de celui des traverses de la voie normale.

En somme, on peut admettre que l'adoption d'une largeur de voie de 0,90 m. à 1 mètre conduit à une économie d'environ moitié sur le prix de la voie.

Pour avoir la dépense totale d'établissement de la ligne, il faut encore tenir compte des stations et du matériel roulant.

En ce qui concerne les stations, la marge des réductions peut être encore plus grande, si l'on veut se contenter, comme cela est naturel, d'intallations modestes appropriées à un trafic plus réduit et ne pas exiger dans les bâtiments destinés aux voyageurs les mêmes commodités que sur les grandes lignes. Il existe même un certain nombre de chemins de fer sur routes, dans lesquels les bâtiments des voyageurs sont complètement supprimés, ce qui conduit à une économie importante dans le prix de l'établissement des stations. En somme on peut, sans exagération, admettre aussi une réduction de moitié sur ce chapitre.

Il en est de même sur la dépense du matériel roulant qui, pour les lignes à faible trafic, se règle d'après le nombre des trains à faire journellement. En supposant le même nombre de trains que sur une ligne à voie normale, chaque train se composera sur la petite voie de véhicules à peu près moitié moins lourds et d'une capacité moitié moindre, ce qui conduira encore à une réduction de dépense égale à la moitié environ de celle du matériel roulant des lignes à voie normale.

En résumé, on peut admettre qu'un chemin de fer, établi dans les conditions que nous venons d'indiquer, coûtera au plus la moitié du prix d'un chemin de fer construit suivant le programme ordinaire.

Exemples. — Les exemples ne manquent à l'appui de cette conclusion. Voici d'abord ceux que donne M. Sévène.

Vers 1845, la compagnie des houillères de Commentry a construit une ligne à voie étroite destinée à relier ses mines à la ville de Montluçon. La voie a 1 mètre de largeur, les rails pèsent 18 kilogrammes le mètre courant,

le rayon minimum des courbes est de 90 mètres et la dépense totale du chemin, matériel roulant compris, a été de 110000 francs par kilomètre.

Les mines de Blanzy ont établi un chemin analogue pour se relier au chemin de Lyon et au canal du Centre. La voie a 0,80 m. de largeur: les courbes descendent à 75 mètres de rayon en pleine voie et à 45 mètres dans les gares; les rails pèsent 15 kilogrammes le mètre courant; la dépense moyenne a été de 40000 francs, non compris les terrains et le matériel roulant, ce qui correspond à une dépense totale qu'on peut évaluer à 60000 ou 70000 francs par kilomètre.

La compagnie d'Orléans a construit également un chemin à voie étroite pour transporter les minerais qui alimentent son usine d'Aubin, depuis Mondalazac jusqu'à la station de Salles-la-Source, située sur la ligne de Montauban à Rodez. La voie a 1,10 m. de largeur, les courbes descendent fréquemment à 60 mètres de rayon, et sur un point à 40; les rails pèsent 16,5 kg. par mètre courant. La dépense kilométrique a été de 50000 francs seulement.

M. Sévène fait remarquer d'ailleurs que ces petites lignes sont destinées à un service spécial et non pas à celui du public qui, par ses usages variés et ses exigences, entraîne nécessairement des dépenses plus grandes. Mais il ajoute que ces lignes desservent un trafic beaucoup plus important que celui qui est généralement réservé aux communications locales. C'est ainsi que celle de Commentry à Montluçon transporte environ 300000 tonnes par an, ce qui est un mouvement considérable.

La dépense d'établissement de ces chemins aurait été certainement plus que doublée, s'ils avaient été établis suivant le programme des grandes lignes.

Si nous prenons maintenant des lignes de construction plus récente, nous trouvons les résultats suivants[1] :

Le chemin de fer de Hermes à Beaumont (Oise et Seine-et-Oise) a 31 kilomètres de longueur; il est établi avec une voie ayant 1 mètre d'écartement intérieur, des déclivités de 15 à 20 millimètres par mètre et des courbes dont le rayon minimum est de 300 mètres, sauf aux abords des gares d'un accès difficile. Le rail pèse 20 kilogrammes au mètre courant. La dépense d'établissement s'est élevée, au 31 décembre 1884, à 76000 francs par kilomètre.

La ligne d'Anvin à Calais (Pas-de-Calais) a 94 kilomètres de longueur; établie avec des déclivités maxima de 16 millimètres, des courbes nombreuses, dont le rayon descend fréquemment à 150 et même 130 mètres, et un rail pesant 20 kilogrammes au mètre courant, cette ligne a coûté 76600 francs par kilomètre.

Les lignes à voie de 1 mètre exploitées par la compagnie des chemins

[1] Voy. Sampité. *Les Chemins de fer à faible trafic en France.*

de fer départementaux dans différentes régions de la France (Indre-et-Loire, Seine-et-Marne, Yonne, Manche, Charente, Corse, Ardèche, Loire) avaient au 31 décembre 1904 un développement total de 549 kilomètres; la dépense d'établissement, à la même date, atteint le chiffre total de 34 millions, ce qui fait ressortir à moins de 62 000 francs le prix du kilomètre de chemin.

Enfin, les lignes à voie étroite exploitées par la Société générale des chemins de fer économiques, dans les départements de la Gironde, de Seine-et-Oise, de l'Allier, de la Haute-Marne, de la Somme, du Cher, etc., s'étendent sur une longueur de 747 kilomètres et correspondent au 31 décembre 1904 à un capital d'établissement de 54 millions, soit à un peu plus de 72 000 francs par kilomètre.

Ces exemples, et bien d'autres encore que l'on pourrait citer, justifient amplement la conclusion précédemment annoncée, qu'un chemin de fer à voie de 1 mètre de largeur peut être facilement établi moyennant une dépense moitié moindre que celle d'une ligne à voie normale; d'ailleurs la statistique des chemins à voie étroite exploités en France donne pour la dépense d'établissement au 31 décembre 1904 un chiffre total de 321 millions qui correspond à peu près à une dépense kilométrique de 70 000 francs.

Les chiffres ci-dessus s'appliquent tous à des chemins établis à travers champs; on peut encore réduire très notablement la dépense en adoptant la solution des chemins de fer sur routes ou tramways. Il n'y a pas très longtemps que ce type de voie ferrée est employé en France, et les développements qu'il y a reçus depuis quelques années sont dus en grande partie à la persévérance et aux efforts de M. Faliès, qui en a été le promoteur infatigable, et qui est devenu le concessionnaire des tramways de la Sarthe, du Loir-et-Cher et plus récemment de la Loire.

C'est en 1872 que M. Faliès, qui avait une grande expérience de la construction des chemins de fer d'intérêt local et qui avait visité en Europe un grand nombre de lignes établies d'après ce système, proposa au conseil général de la Sarthe de construire dans ce département des chemins de fer sur routes dont l'exploitation serait faite par les agents des trains et dont la dépense d'établissement, y compris le matériel roulant, devait osciller autour du chiffre de 40 000 francs par kilomètre.

Après avoir d'abord repoussé cette proposition, le département de la Sarthe finit par l'accepter et, en 1880, concéda à M. Faliès, à titre d'essai la ligne du Mans au Grand-Lucé, d'une longueur de 31 kilomètres. La dépense kilométrique d'établissement de cette ligne s'est élevée à 44 000 francs environ.

Plus tard, de nouvelles concessions furent faites à M. Faliès dans le même département et, en 1886, le département de Loir-et-Cher lui concéda 110 kilomètres de lignes au prix forfaitaire de 40 000 francs, payables au

fur et à mesure de l'exécution des travaux. L'exploitation est faite aux risques et périls du concessionnaire, tant que la recette brute ne dépasse pas 3 500 francs par kilomètre; au delà de ce chiffre, il y a partage avec le département.

L'économie importante réalisée dans la constrution de ces chemins provient principalement de deux causes : d'une part, l'emprunt fait par le tracé de l'accotement des routes, dont il ne s'écarte que lorsque les déclivités y sont supérieures à 30 millimètres par mètre, ce qui réduit d'une manière importante la dépense des terrains, des terrassements et des ouvrages d'art ; d'autre part, la suppression complète des bâtiments des stations, celles-ci se réduisant aux dispositions de voies nécessaires pour permettre le croisement des trains, la manœuvre et le stationnement des wagons.

Aux tramways de Loir-et-Cher, en effet, comme dans ceux de la Sarthe, le système d'exploitation diffère essentiellement de celui qui est employé habituellement sur les chemins de fer. A l'exception d'une station de tête, qui centralise tous les services de comptabilité et de contrôle, les autres ne sont que des points de chargement et de déchargement; la distribution des billets, l'enregistrement des bagages, des messageries et des marchandises sont faits par les conducteurs de trains. Les fonctions de chef de station sont remplies par un aubergiste, quand il se trouve une auberge à proximité, et celle-ci sert alors d'abri aux voyageurs; dans le cas contraire, c'est un homme de la localité qui est le correspondant de la compagnie, et qui vient aux heures des trains faire le nécessaire dans la station. Grâce à ce système d'exploitation, sur lequel nous reviendrons, les bâtiments des stations sont supprimés et la dépense de leur installation réduite à celle des voies et appareils accessoires.

Le maximum des déclivités est de 30 millimètres et le minimum du rayon des courbes, de 40 mètres ; ce dernier n'est d'ailleurs employé nulle part en pleine voie, où les rayons descendent rarement au-dessous de 100 mètres. Le rail pèse 15 kilogrammes au mètre courant.

En résumé, on doit conclure des exemples qui précèdent que la dépense d'établissement d'un chemin de fer à voie de 1 mètre de largeur peut être évaluée, matériel roulant compris, à une somme de 75 000 francs à 80 000 francs, quand il est construit à travers champs et qu'il comporte des stations d'un type réduit, et à 40 000 ou 45 000 francs, quand il emprunte les accotements des routes et que les bâtiments des stations sont supprimés.

Économies dans les dépenses d'exploitation. — Les frais d'exploitation d'un chemin de fer peuvent être notablement réduits par l'emploi de la voie étroite.

Les terrassements, les ouvrages d'art et les voies représentant une dépense

d'établissement deux fois moindre que dans un chemin de fer ordinaire, l'entretien de la ligne, le renouvellement de la voie, etc., donneront lieu également à une dépense moitié moindre.

Pour la traction, en supposant le même nombre de trains et le service fait par des machines de 20 à 25 tonnes en ordre de marche, la dépense pourra facilement être réduite de moitié également, et il en sera de même des dépenses de l'exploitation proprement dite, à la condition d'adopter pour les stations des installations modestes, en rapport avec le trafic à desservir.

De sorte que, pour une ligne à voie étroite et à faible trafic, on peut admettre que les dépenses d'exploitation seront réduites de moitié au moins, comme celles de l'établissement de la ligne. Une somme annuelle de 3 000 à 4 000 francs par kilomètre doit donc suffire, en général, pour assurer l'exploitation de ces lignes.

Exemples. — Cette conclusion est confirmée par les résultats de l'expérience des lignes à voie étroite exploitées en France.

La ligne de Hermes à Beaumont, dont la recette kilométrique a été de 5 849 francs en 1904, a donné lieu à une dépense d'exploitation de 3 200 francs La ligne d'Anvin à Calais, dont le produit brut est de 4 900 francs, a coûté 3 100 francs par kilomètre. Les lignes de la compagnie de chemins de fer départementaux, dont le produit brut varie de 1 540 francs à 4 250 francs, sont exploitées pour 2000 à 2 900 francs par kilomètre ; celles de la Société des chemins de fer économiques, dont la recette brute varie entre 2 400 et 6 000 francs, ont coûté 2 300 à 3 800 francs par kilomètre.

En moyenne, la dépense d'exploitation des lignes d'intérêt local à voie étroite a été, en 1904, de 2 840 francs pour une recette brute de 3 493 francs (coefficient d'exploitation, 81,2).

Pour les tramways, lorsque le trafic est encore plus faible (ce qui se produit dans la majorité des cas), la dépense peut encore être réduite et être évaluée à 2 000 ou 3000 francs par kilomètre au maximum.

Conclusions. — On voit qu'en définitive l'adoption de la voie d'un mètre de largeur conduit à de grandes économies sur les dépenses de construction et d'exploitation d'un chemin de fer. On conçoit que, dans bien des cas, cette réduction des dépenses puisse être un argument décisif en faveur de l'établissement du chemin. Il y a beaucoup de lignes, destinées à desservir un faible trafic, dont la construction à voie large serait une véritable erreur financière, alors que leur établissement à voie étroite peut être entrepris dans des conditions très acceptables de dépenses.

Supposons, par exemple, une ligne destinée à desservir un trafic de

6 000 francs par kilomètre. Un chemin à voie large coûterait 170 000 à 180 000 francs et ses frais d'exploitation seraient, dans les conditions habituelles, de 7 500 francs. La recette ne couvrirait donc pas la dépense d'exploitation et, pour que l'entreprise pût vivre, il faudrait lui attribuer une subvention supérieure à la dépense de construction, soit plus de 180 000 francs par kilomètre ; ce serait une impossibilité absolue.

Avec une voie de 1 mètre de largeur, la ligne pourrait être établie pour 75 000 à 80 000 francs et exploitée pour 3 500 francs par kilomètre. Il resterait donc un produit net de 2 500 francs représentant un capital de 50 000 francs environ ; une subvention de 30 000 francs par kilomètre serait donc largement suffisante pour permettre à l'entreprise de se réaliser et de vivre. C'est une dépense très admissible ; elle ne dépasse guère celle qui est nécessaire pour l'établissement d'une route départementale.

Ainsi, dans le premier cas, on aboutit à une impossibilité ; dans le second, à une solution des plus faciles. La conclusion à en tirer ne saurait être douteuse : il faut adopter la voie étroite.

Au point de vue du résultat, il est certain que les deux solutions ne sont pas équivalentes : l'adoption de la voie étroite présente deux inconvénients, mais qui sont parfaitement admissibles sur les petites lignes : le premier, c'est l'impossibilité d'avoir de grandes vitesses par suite des courbes prononcées ; le second, c'est la nécessité d'un transbordement aux points de jonction avec les grandes lignes.

Renoncer aux grandes vitesses sur les embranchements de peu d'importance est une solution évidemment très acceptable ; elle l'est d'autant plus que le caractère essentiel des petits chemins de fer, c'est d'avoir de nombreux points d'arrêt. Une vitesse de 25 à 30 kilomètres à l'heure, parfaitement conciliable avec les rayons des courbes de la voie étroite, est très suffisante pour les petites lignes.

Quant au transbordement, on s'est beaucoup exagéré l'inconvénient : il serait inadmissible, si le tonnage à transborder était très considérable, mais il est parfaitement rationnel de l'admettre quand il ne s'agit, comme c'est ici le cas, que d'un trafic peu important. On sait d'ailleurs que le transbordement des marchandises a très souvent lieu, malgré l'égalité des largeurs de voies, à l'embranchement des petites lignes sur les grandes artères. Il n'y a guère d'exception que lorsque la ligne secondaire dessert une production spéciale à destination d'un ou deux centres de consommation ou de commerce maritime.

Il est donc naturel que, pour les chemins de fer d'intérêt local, et même pour ceux qui, tout en étant classés dans le réseau d'intérêt général, ne présentent pas une grande importance et ne doivent desservir qu'un faible trafic, la solution de la voie étroite soit adoptée en France, comme elle a été en

Norvège, en Suède, au Brésil, aux États-Unis, en Suisse, dans l'Inde anglaise, etc. Elle a l'avantage, d'une part, de ménager les finances de l'État ou des départements par les économies importantes qu'elle permet de réaliser; d'autre part, de faire une œuvre logique, en proportionnant l'instrument de transport à l'importance de l'effet à obtenir.

Nous ne voyons guère qu'une circonstance dans laquelle il y ait lieu de renoncer à la voie étroite, c'est pour les lignes *très courtes*, destinées à relier deux grandes lignes, surtout si les terrains à traverser sont peu accidentés; la différence des dépenses d'établissement serait, en effet, bien moins grande et il pourrait y avoir lieu d'établir la ligne à voie normale.

Hors ce cas spécial, on peut conclure que les chemins de fer d'intérêt local doivent être en même temps des chemins de fer à voie étroite.

Lignes a voie de 0,60 m. — En terminant ces considérations générales sur les chemins de fer à voie étroite, nous ne devons pas manquer de signaler les services que peuvent rendre, dans bien des cas, les lignes à voie très étroite de 0,60 m. de largeur.

Ces lignes sont peu répandues, et cependant il en existe un exemple fort ancien : c'est le chemin de fer de Festiniog à Portsmadoc, établi en 1832 dans le pays de Galles.

Signalée en 1873 dans le *Traité* de M. Goschler, décrite quelques années plus tard par M. Sévène, qui la citait dans son *Cours de chemins de fer* comme l'exemple le plus remarquable qui existât des chemins de fer à voie étroite, mais sans conseiller de l'imiter, cette ligne est restée pendant très longtemps la seule application connue d'une largeur de voie aussi réduite. Les résultats qu'elle a donnés sont cependant des plus remarquables, et il y a grand intérêt à les faire connaître.

Établie primitivement pour l'exploitation d'une carrière d'ardoises, située à Dinas, elle a été ensuite prolongée jusqu'à Festiniog et s'est transformée plus tard en chemin public, transportant des voyageurs et des marchandises de toute sorte.

La largeur de la voie, mesurée entre les bords intérieurs des rails, est de 0,60 m.

La longueur de la ligne est de 23 kilomètres; sa déclivité moyenne est de 0,01 m. par mètre, la pente maxima est de 12,5 mm. Les courbes sont nombreuses, et leur rayon, habituellement égal à 120 mètres, s'abaisse jusqu'à 35 mètres, sans qu'aucun alignement droit soit ménagé entre deux courbes de sens contraire.

La largeur de la plate-forme est réduite au strict indispensable : elle est de 3 mètres seulement à la crête des remblais; il y a des tranchées où elle n'est que de 2,50 m.

La dépense d'établissement de la ligne, posée d'abord en rails de 6 kilogrammes au mètre courant, n'a pas dépassé 40 000 francs par kilomètre, malgré les accidents considérables de terrain que présente le pays traversé. Mais, en raison des transformations successives de la ligne et de l'accroissement de son trafic, le poids des machines, qui était primitivement de 7 tonnes, a dû être porté d'abord à 10, puis à 22 tonnes, ce qui a entraîné l'emploi de rails pesant 15 kilogrammes en 1847 et 24 kilogrammes en 1871. Le capital d'établissement s'est élevé ainsi, par suite de cette série de transformations, à 165 000 francs par kilomètre. On estime qu'une ligne à voie normale aurait coûté plus du triple.

Le chemin de fer de Festiniog a, d'ailleurs, à desservir un trafic important, pour lequel il emploie 9 locomotives, 56 voitures à voyageurs et 1 200 wagons. Il transportait déjà, en 1888, 142 000 voyageurs et 113 000 tonnes de marchandises. La recette kilométrique était de 29 000 francs, dont 8 000 francs pour les voyageurs et 21 000 francs pour les marchandises. Les tarifs sont de 0,17 fr. par tonne et par kilomètre pour les marchandises. ordinaires et de 0,15 fr. pour les ardoises; il y a trois classes de voyageurs, payant 0,11 fr. 0,08 fr. et 0,07 fr. par kilomètre.

« Il est difficile, dit M. Noblemaire[1], de citer un exemple plus topique, et qu'il soit plus nécessaire de faire connaître, du parti que l'on peut tirer d'un instrument aussi simple et aussi économique. »

L'expérience du chemin de fer de Festiniog montre, en effet, que la voie de 0,60 m. peut suffire pour desservir un trafic élevé et qu'elle se concilie avec une exploitation active[2]. Cette ligne est cependant restée, pendant fort longtemps, l'unique spécimen de l'emploi de cette largeur de voie. M. Noblemaire en cite un second exemple, plus récent: c'est le chemin de fer établi dans l'Inde anglaise, d'Illigori à Darjeeling, pour mettre en communication Calcutta avec le premier plateau de 2 000 mètres d'altitude de l'Himalaya.

Ce chemin a 0,61 m. de largeur de voie : il est établi en partie sur route et comporte des rampes de 35 millimètres et des courbes de 21 mètres de rayon ; il a 82 kilomètres de longueur. Les rails pèsent 20 kilogrammes au mètre courant. Le matériel roulant se compose de 12 machines, 41 voitures et 110 wagons.

La dépense kilométrique d'établissement s'est élevée à 78 000 francs.

Les tarifs sont fort élevés, à cause du profil accidenté de la ligne : ils sont de 56,28 et 11 centimes par kilomètre pour les trois classes de voyageurs ;

[1] *Note sur les Chemins de fer départementaux*, par M. Noblemaire, directeur de la compagnie P.-L.-M. — *Annales des Ponts et Chaussées*, décembre 1889.

[2] Toutefois, il ne paraît pas douteux qu'avec un trafic aussi considérable, il y aurait eu avantage à adopter une largeur de voie de 1 mètre, qui permît d'obtenir une voie plus robuste et une meilleure assiette du matériel roulant.

de 0,60 fr. à 1 franc pour les marchandises ordinaires, 0,50 fr. pour les céréales, 0,30 fr. pour la houille. Le produit brut kilométrique atteignait, en 1888, la somme de 17 940 francs.

On peut également citer, comme exemples de lignes à voie de 0,60 m., les chemins de fer militaires construits par M. Decauville en Tunisie, pour relier Sousse à Kairouan (65 kilomètres), la petite ligne de 3 kilomètres 1/2 de longueur, établie par le même constructeur à l'Exposition universelle de Paris en 1889, ligne qui a transporté, en six mois, plus de 6 millions de voyageurs, le chemin de fer du camp retranché de Toul, la ligne de Pithiviers à Toury, exploitée depuis 1892 dans le département du Loiret.

Ces exemples démontrent que, contrairement à ce qu'on a pu croire longtemps, la voie de 0,60 m. n'est pas trop étroite pour fournir, dans certains cas, une solution satisfaisante et économique de l'établissement des chemins de fer.

L'emploi de cette largeur de voie a été interdit en France par une circulaire mistérielle du 12 janvier 1888 pour des motifs qui touchent à la défense nationale. Voici, en effet, comment s'exprime cette circulaire :

Le gouvernement a été amené à reconnaître que, pour aider à la prospérité commerciale de ces entreprises (les chemins de fer d'intérêt local), qui le plus souvent engagent les finances de l'État, et rendre ces voies ferrées véritablement utilisables pour les transports militaires, il devenait indispensable de les approprier, par l'adoption d'une largeur de voie unique, à la circulation d'un même matériel.

« Cette largeur ne peut être, évidemment, que celle d'un mètre entre les bords intérieurs des rails, déjà réalisée sur la presque totalité des lignes existantes.

« En conséquence, après avoir pris l'avis de mon collègue de la Guerre, j'ai résolu de ne provoquer, à l'avenir, sauf exceptions dûment justifiées et admises par mon administration d'accord avec l'autorité militaire, la déclaration d'utilité publique d'aucun chemin de fer ou tramway à vapeur à voie étroite qui serait projeté avec une largeur de voie autre que celle sus-indiquée. »

Mais cette circulaire a été, en fait, abrogée par une déclaration faite, le 21 mars 1891, à la tribune du Sénat par le ministre des Travaux publics, et actuellement, l'administration de la Guerre ne s'oppose plus à ce que les départements ou les communes établissent, s'ils le désirent, des lignes dont la largeur de voie est inférieure à 1 mètre.

Il faut se féliciter de ce résultat, qui rend aux intéressés dans cette matière une liberté relative dont il ne leur sera d'ailleurs pas facile d'abuser, étant données les formalités réglementaires qui précèdent toujours l'établissement d'un chemin de fer.

L'adoption de la voie de 0,60 m. procure, en effet, une économie encore plus grande que celle de la voie de 1 mètre, et il eût été fort regrettable qu'on empêchât les intéressés de réaliser cette économie, toutes les fois que l'intérêt général ne doit pas avoir à en souffrir.

« Ces lignes, dit M. Noblemaire dans l'article déjà cité, dont l'établissement est exceptionnellement facile et économique, dont l'exploitation peut être assurée à meilleur marché encore que celle des chemins à voie de 1 mètre, nous paraissent pouvoir, dans un très grand nombre de cas, rendre les plus utiles services et pendant une longue série d'années.

« Nous nous garderons de formuler une loi générale, de dire, par exemple, qu'il faut affecter :

La voie de 1,45 m. aux chemins de fer d'intérêt général ;
Celle de 1 mètre aux chemins de fer départementaux ;
Celle de 0,60 m. aux chemins de fer vicinaux.

« La pratique ne s'accommode pas de formules aussi rigides : c'est l'étude minutieuse de la nature du trafic à desservir qui doit seule déterminer ce choix pour les lignes secondaires. Certaines d'entre elles, en raison de leur situation géographique même, et malgré la faiblesse de leur trafic propre, doivent être nécessairement établies à voie de 1,45 m. ; pour toutes celles qui ne sont manifestement pas susceptibles de servir au transit, aux transports stratégiques par exemple, il n'y a aucun doute qu'il faille les établir à voie étroite et choisir entre 1 mètre et 0,60 m., suivant le trafic à desservir. Si l'on est en présence de transports industriels, de très grosses pièces de fer ou de bois, si dans une région agricole le gros trafic probable est celui du bétail, la voie de 1 mètre ou de 0,75 m. doit être préférée ; dans tous les autres cas, la voie de 0,60 m. paraît devoir ordinairement suffire ; dans les régions purement agricoles, en particulier, elle présenterait, et présenterait seule, l'avantage inappréciable que des embranchements de même largeur, faciles à poser et à enlever, permettraient aux véhicules de la ligne définitive de pénétrer momentanément à pied d'œuvre jusqu'au centre des exploitations et d'amener les produits depuis leur lieu même d'origine jusqu'à la grande ligne de 1,45 m., qui doit les transporter aux grands centres de consommmation. »

En somme, la largeur de la voie des chemins de fer d'intérêt local doit être en proportion de l'importance et de la nature du trafic qu'ils sont appelés à desservir; ce serait un grand tort de proscrire la voie de 0,60 m. qui peut, dans certains cas, rendre de très grands services.

Nous devons, d'ailleurs, ajouter qu'au cours de la présente étude, nous nous occuperons exclusivement des lignes à voie d'un mètre de largeur, qui sont de beaucoup les plus importantes, comme aussi les plus nombreuses.

CHAPITRE II

INFRASTRUCTURE

Tracé. — Profil transversal. — Terrassements et ouvrages d'art. — Possibilité de l'emploi des ponts suspendus. — Clôtures et bornage. — Dépenses de l'infrastructure.

Les règles à suivre dans la construction des chemins de fer à voie étroite ne diffèrent pas essentiellement de celles que nous avons exposées à propos des chemins de fer à voie normale. Il nous suffira donc de donner ici quelques renseignements sur les modifications que l'emploi de la petite voie peut conduire à apporter dans l'application de ces règles et de faire connaître les dispositions de voie, de gare, de matériel, etc., que l'expérience semble avoir consacrées comme les meilleures en vue de l'exploitation économique des petites lignes.

La question de l'établissement des chemins de fer à voie de 1 mètre de largeur a été étudiée très complètement, au moment de la construction du réseau des chemins de fer de la Corse, par une commission qui avait été nommée à cet effet; on trouvera, dans les *Annales des Ponts et Chaussées* de janvier 1884, les différents rapports présentés à cette occasion. MM. Sartiaux et Banderali, de la compagnie du Nord, ont de leur côté publié, dans la *Revue générale* de septembre et novembre 1884, d'août et de décembre 1885, quatre articles dans lesquels il ont résumé en les complétant les résultats obtenus par la commission, de manière à servir de guide aux ingénieurs qui s'occupent de la construction et de l'exploitation des chemins de fer à voie étroite.

C'est principalement à ces excellents travaux, ainsi qu'aux documents ayant servi récemment à l'établissement des tramways à voie de 1 mètre, que nous avons emprunté la plupart des renseignements qui suivent.

Tracé. — Le tracé des lignes à voie étroite doit être étudié avec le plus grand soin et avec la préoccupation constante de desservir le mieux possible les intérêts locaux, et cela d'autant plus qu'il s'agit d'intérêts plus modestes et plus difficiles à attirer. On ne doit pas perdre de vue que ces petites lignes ont pour mission d'aller chercher le trafic dans tous les endroits où il est

susceptible de se produire; il faut pour cela se rapprocher le plus possible des localités à desservir et placer les stations, pour ainsi dire, à la porte même des populations qui doivent les employer. Il y a là, bien plus que pour les grandes lignes, une question de la plus grande impertance pour les petits chemins de fer; une même localité peut donner un trafic presque nul ou très important, suivant le plus ou moins de facilités d'accès que présente la station.

Au point de vue des déclivités, il n'y a pas d'inconvénient à admettre un chiffre maximum de 25 à 40 millimètres par mètre et à user largement de ce maximum, toutes les fois qu'il peut en résulter une économie sérieuse dans les dépenses de construction. Quand il s'agit, en effet, de lignes dont la recette probable n'atteint que rarement 6 000 à 8 000 francs par kilomètre, ce qui correspond à un mouvement de 100 à 150 tonnes par jour, les trains de voyageurs, au nombre de 3 dans chaque sens, n'ont pas à enlever généralement plus de 20 à 30 tonnes chacun. Comme il est facile d'avoir des machines capables de remorquer 100 tonnes brutes ou 76 tonnes utiles sur des rampes de 25 à 30 millimètres, le trafic pourra toujours être enlevé par les trois trains que le service des voyageurs force à établir, quelle que soit d'ailleurs la recette de la ligne.

Il est bon de remarquer que les déclivités ci-dessus doivent être entendues dans le sens de *déclivités nettes*, c'est-à-dire de déclivités en ligne droite ou de celles qui, ajoutées à la courbe, équivalent, comme résistance à la traction, aux déclivités en alignement droit.

Il résulte des expériences faites par M. Desdouits à la commission des courbes de faible rayon de 1892 (Voy. t. I, p. 90) que la résistance à la traction, spécialement due aux courbes, peut être pratiquement représentée par la formule

$$\delta = \frac{500\,l}{R},$$

δ étant la résistance par tonne du train entier (machine comprise);

R le rayon de la courbe;

l la largeur de la voie en nombre rond (1,50 m., 1 mètre ou 0,60 m.)

Comme l'a fait remarquer M. Bricka, il ne faut pas voir dans cette formule l'expression d'une loi quelconque; elle signifie simplement qu'en reportant sur une feuille de papier les résultats des expériences, en prenant pour abscisses les rayons des courbes et pour ordonnées les résistances, les trois hyperboles dont les équations sont

$$y = \frac{750}{x} \qquad y = \frac{500}{x} \qquad y = \frac{300}{x},$$

représentent une interpolation suffisamment approchée de ces résultats pour chacune des largeurs de voie.

En se bornant à la voie de 1 mètre, la formule

$$\delta = \frac{500\,l}{R}$$

donne les résultats suivants :

Pour	R =	250 m.	δ =	2 kg.
—	R =	150 —	δ =	3,3 —
—	R =	125 —	δ =	4 —
—	R =	80 —	δ =	6,25 —
—	R =	50 —	δ =	10 —

Il en résulte que, sur les lignes à voie de 1 mètre exploitées avec le matériel rigide ordinaire (de 2 à 3 mètres d'écartement d'essieu), les courbes de 80, 125, 150 et 250 mètres de rayon peuvent être considérées comme sensiblement équivalentes à des rampes de 6, 4, 3 et 2 millimètres et que, par suite, les déclivités maxima doivent être diminuées d'autant, lorsqu'elles coïncident avec ces courbes. Au delà des 400 mètres de rayon, les courbes n'augmentent pas d'une manière importante la résistance à la traction et peuvent être assimilées à des alignements droits.

On peut, d'ailleurs, faire descendre le rayon des courbes jusqu'à 75 et même 60 mètres en pleine voie, mais il y a grand intérêt, au point de vue de la résistance à la traction, et aussi dans le but de diminuer l'usure de la voie et du matériel roulant, à n'employer ces minima que lorsqu'il est absolument impossible ou extrêmement coûteux de faire autrement. Il faut s'en tenir le plus souvent à un rayon minimum de 100 mètres, sauf dans les gares où les véhicules circulent sans vitesse.

Si, au lieu du matériel rigide ordinaire, on employait des wagons à trains articulés ou à bogies, le rayon des courbes pourrait être sensiblement diminué, même en pleine voie ; toutefois, il serait bon, pour ne pas trop réduire la vitesse des trains, de s'en tenir au minimum de 60 à 75 mètres.

Il est utile, par analogie avec ce qu'on fait pour les tracés des lignes à voie normale, de ménager une ligne droite ou un palier d'une certaine longueur entre deux courbes ou deux déclivités de sens contraire ; cette longueur peut être fixée à 20 mètres environ.

Profil transversal. — Le profil transversal d'une ligne à voie étroite dépend du gabarit que l'on adopte pour le matériel roulant. Sur les chemins de fer de la Corse, la plus grande largeur de ce matériel a été fixée à 2,60 m. ; les profils en travers, types correspondants, adoptés par décision ministérielle, sont représentés par les figures 657, 658 et 659.

Dans les profils ordinaires en déblai et en remblai (fig. 657) la largeur du ballast au niveau des rails est de 2,60 m., dont 1,10 m. pour la voie entre les

bords extérieurs des rails et 0,75 m. pour chacun des accotements, extérieu-

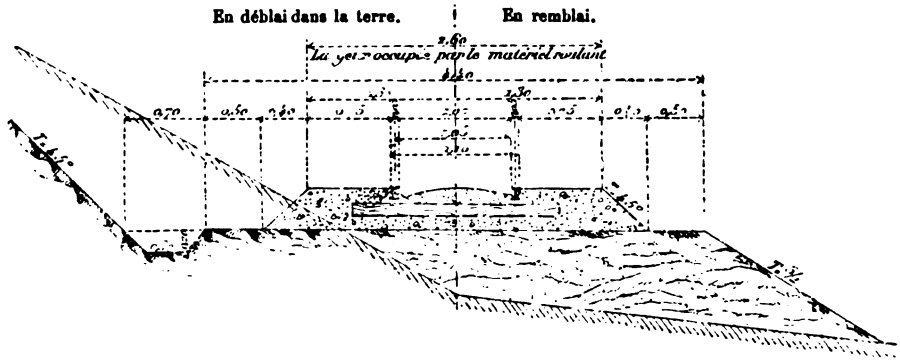


Fig. 657. — Profils ordinaires.

rement aux rails. L'épaisseur du ballast est de 0,40 m. ; ses talus sont réglés

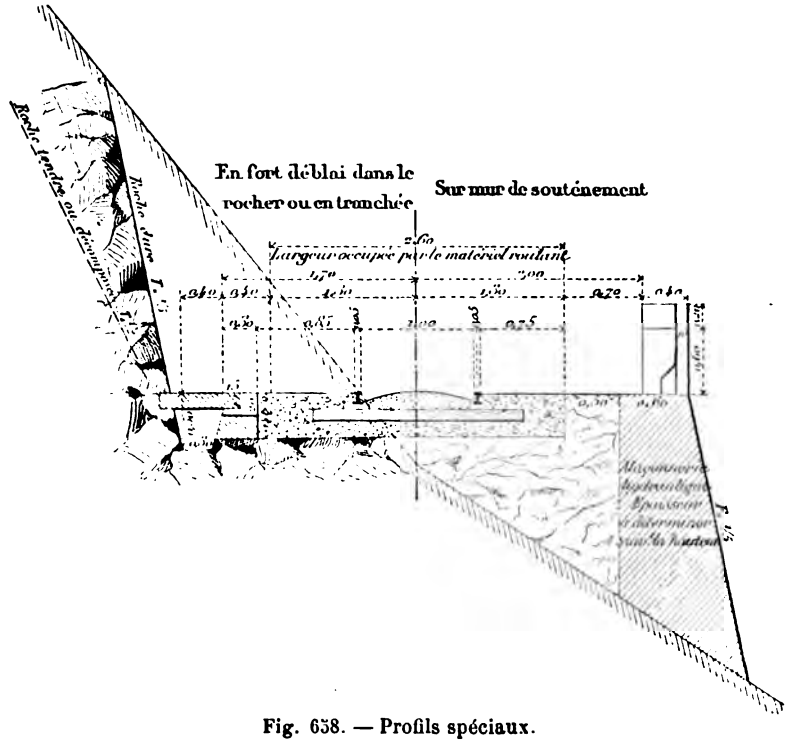


Fig. 658. — Profils spéciaux.

Tous les 25 mètres, le parapet en maçonnerie sera remplacé sur 3 mètres de longueur par un garde-corps en fer établi à 0m,10 de la face extérieure du parapet.

La murette soutenant le ballast aura 0m,30 d'épaisseur en couronne.

Elle sera construite en maçonnerie de mortier sur 0m,20 à partir du couronnement et en pierres sèches sur le restant de sa hauteur. Cependant de 10 mètres en 10 mètres, et sur une largeur de 1 mètre, elle sera maçonnée de haut en bas.

Les fossés seront recouverts, de 25 mètres en 25 mètres, par des dalots en pierres sèches disposés alternativement à droite et à gauche ; le dessus des dalles sera arasé au niveau des rails. Ces dalles auront 2m,50 de longueur.

à 45° et une banquette de 0,50 m. est réservée de chaque côté, au delà du pied du talus. La largeur de la plate-forme est ainsi de 4,40 m.

Les figures 658 et 659 qui se rapportent à des cas spéciaux, tels que profil en déblai de rocher, profil en remblai avec mur de soutènement et profil en souterrain, montrent les dispositions adoptées dans ces divers cas.

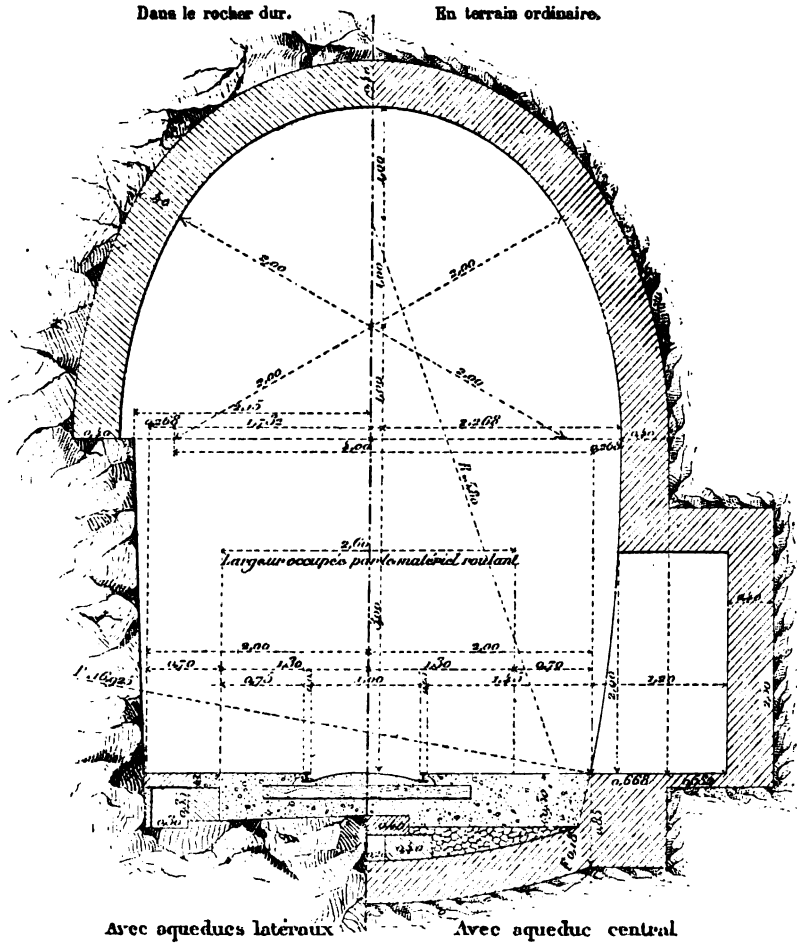


Fig. 659. — Profils en souterrain.

Tous les 25 mètres, des niches de 1m,20 de profondeur, 2 mètres de hauteur, et 2 mètres de longueur, seront établies alternativement à droite et à gauche dans l'épaisseur des parois des souterrains.

On peut sans inconvénient réduire sur les lignes à voie de 1 mètre la largeur du matériel roulant à 2 mètres, à la condition d'adopter pour ce matériel la forme à couloir central, qui paraît donner toute satisfaction pour les courts trajets; c'est cette dimension qui a été adoptée sur les tramways de la Sarthe et de Loir-et-Cher et l'expérience a montré qu'elle est bien suffisante. Elle conduit à une diminution sensible de la largeur de la plate-forme et, par suite, à une économie notable dans la dépense de l'infrastucture.

Nous représentons (fig. 660 à 664) les profils types adoptés en rase campagne et sur route.

La largeur du ballast, égale à celle du matériel roulant, est de 2 mètres; son épaisseur est de 0,35 m. et ses talus s'étendent sur une largeur de 0,45 m. Une banquette de 0,45 m. est ménagée de chaque côté au pied de ces talus, de sorte que la largeur de la plate-forme (fig. 660) est de 3,80 m.

Les figures suivantes montrent les diverses dispositions adoptées lorsque la voie ferrée est placée sur l'accotement des routes et lorsqu'elle se trouve

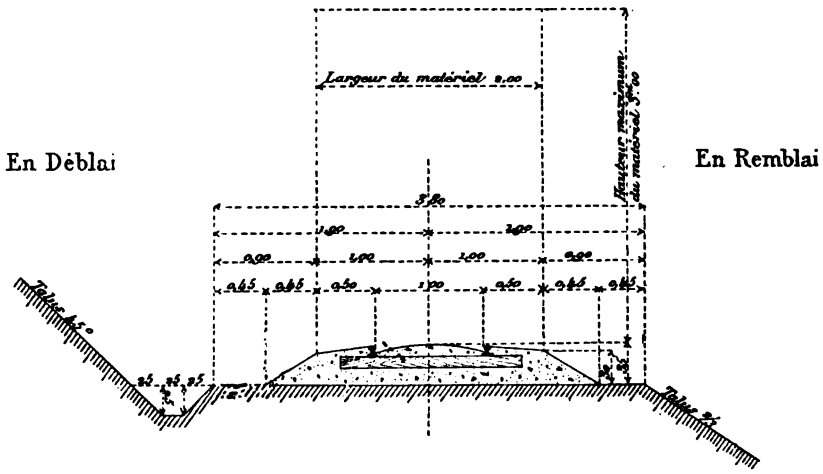


Fig. 660. — Profils à travers champs.

établie dans la traverse des villes et villages. Dans ce dernier cas (fig. 663 et 664), les rails, au lieu de reposer sur une couche de ballast, sont noyés dans la chaussée de manière à ne former aucune saillie ni dépression et à conserver le profil normal de la route.

L'expérience a fait reconnaître que la présence de contre-rails, dans les sections où la voie est noyée dans la chaussée, est plutôt nuisible qu'utile ; la première ligne de la Sarthe avait tout d'abord été établie avec des contre-rails qui laissaient un vide de 0,029 m. en alignement droit. Mais ce faible écartement n'était pas suffisant pour assurer le jeu des boîtes à graissage, et il était cependant assez grand pour gêner le passage des voitures légères, dont les roues s'y engageaient souvent. On n'a pas trouvé de meilleur remède à cette situation que la suppression des contre-rails : lorsque les ornières creusées dans l'empierrement par les roues des wagons deviennent trop grandes, on se borne à les boucher avec des cailloux, et le passage des trains y reforme peu à peu une ornière longitudinale. Cette situation n'a jamais présenté d'inconvénient ni occasionné d'accident ; il y a lieu de remarquer d'ailleurs que la vitesse des trains dans les traverses est réduite à 10 kilomètres à l'heure.

En somme, la suppression des contre-rails a eu lieu à la satisfaction de

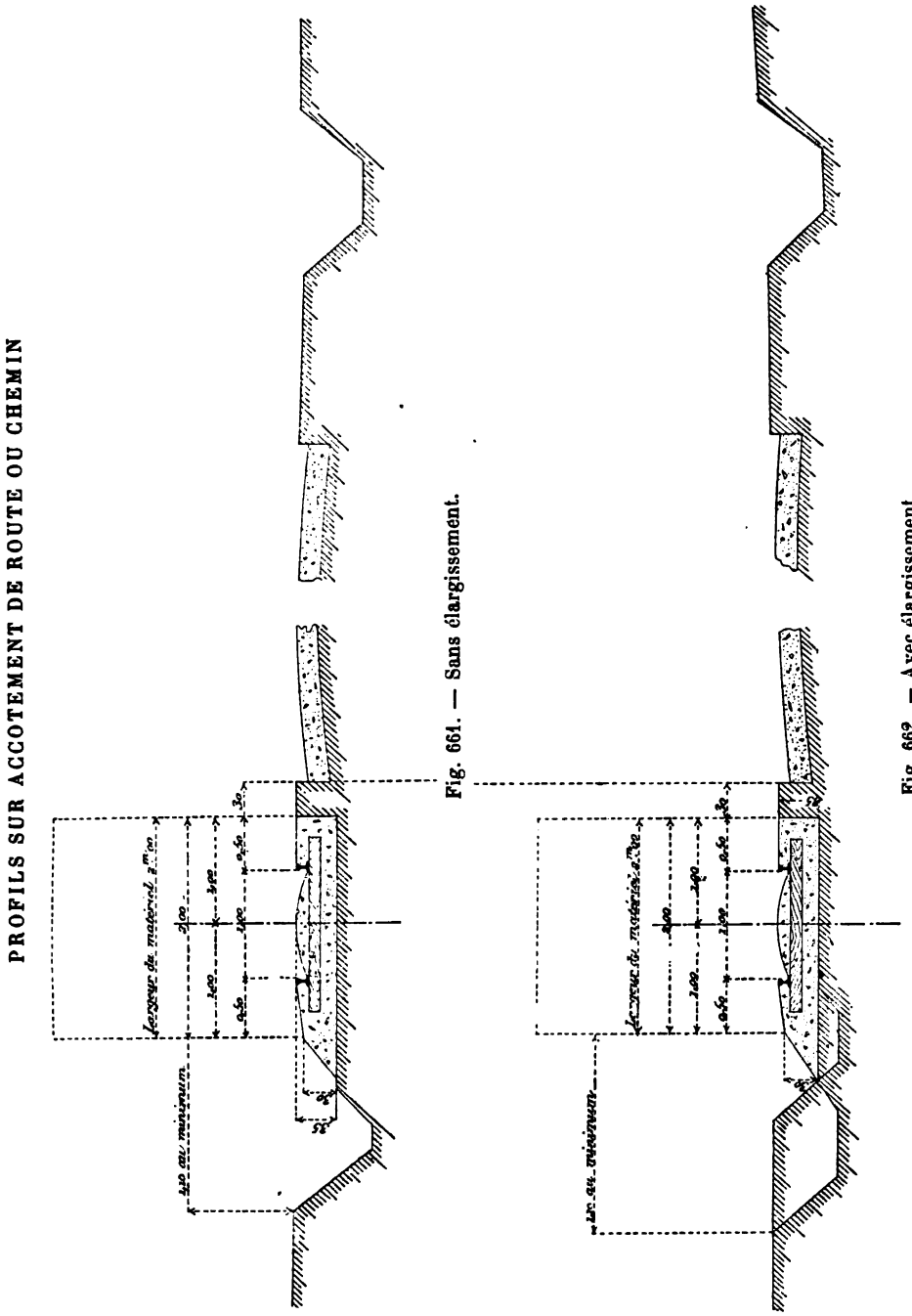


Fig. 661. — Sans élargissement.

Fig. 662. — Avec élargissement.

tout le monde ; elle paraît de nature à être appliquée dans tous les cas analogues. Cette mesure a même été étendue aux passages à niveau, ainsi que

cela se fait en Allemagne, et l'expérience n'a fait reconnaître aucun inconvénient à cette mesure.

L'installation des voies ferrées dans la traverse des villes un peu impor-

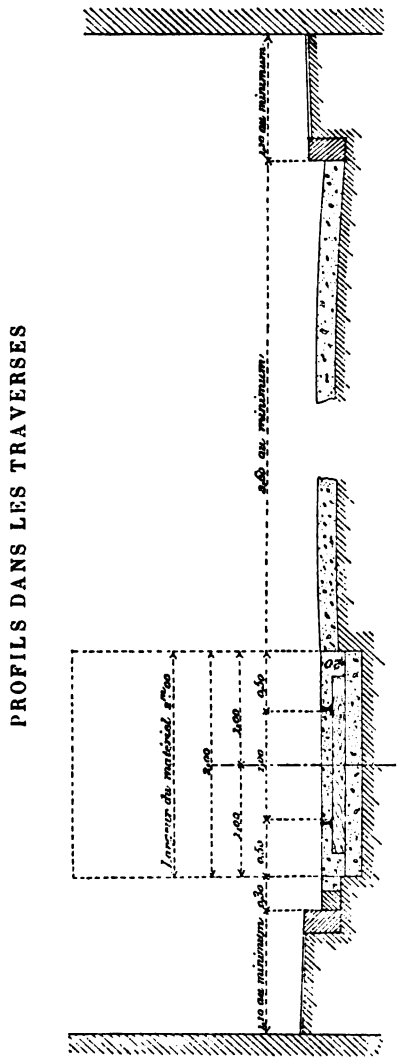


Fig. 663. — En supprimant le stationnement d'un côté.

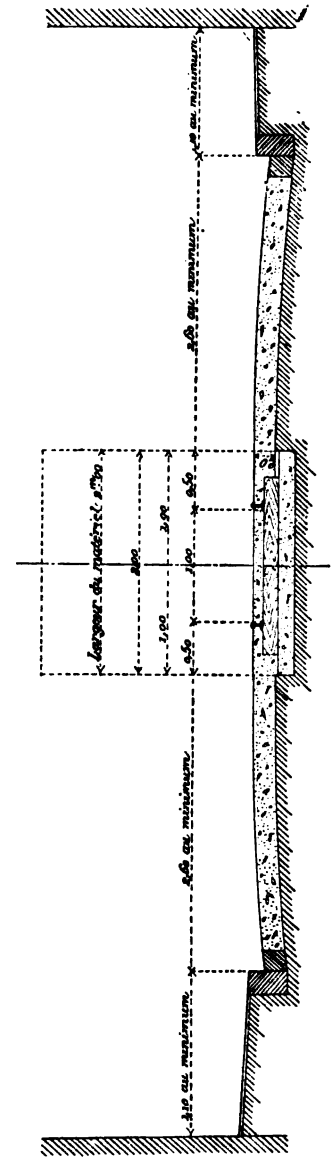


Fig. 664. — En réservant le stationnement de chaque côté.

PROFILS DANS LES TRAVERSES

tantes soulève une question assez délicate. On voit d'après les profils 663 et 664 que la voie peut être établie, soit sur le côté de la chaussée au bord du trottoir, soit dans l'axe de la route. La première solution n'est pas sans inconvénient, puisqu'elle supprime le stationnement des voitures ordinaires sur le côté de la route occupé par le tramway; la seconde n'a pas cet inconvénient; mais elle en a un autre au moins aussi grave, sur les routes dont

la largeur n'est pas assez grande pour réserver, de chaque côté de la zone de 2 mètres occupée par le matériel roulant, l'espace nécessaire au croisement de deux voitures. L'expérience faite à Blois, où la ligne est établie dans l'axe de la route nationale n° 156 dans la traverse de cette ville, nous a amené à reconnaître que cette solution est en général défectueuse et doit être écartée. D'une part, les deux zones qui restent de part et d'autre de la voie sont extrêmement difficiles à entretenir, quand la route est un peu fréquentée, par suite des ornières qui s'y forment infailliblement; les voitures suivent en effet toujours la même piste sur chacune de ces deux zones, de sorte que la présence de la voie ferrée divise en réalité la route en deux parties de 3 à 4 mètres de largeur, où les voitures ne peuvent pas se croiser et où les ornières sont inévitables. D'autre part, au point de vue de la sécurité, la voie placée au milieu de la route a également des inconvénients; si, au passage d'un train, un cheval est effrayé, la largeur dans laquelle il peut évoluer, entre la saillie du matériel roulant et la bordure de trottoir, est de 3 mètres environ; c'est tout à fait insuffisant. Il n'y a, suivant nous, qu'un remède à cette situation : c'est de placer la voie du tramway sur l'un des trottoirs de la route, après l'avoir préalablement élargi; en établissant la voie de manière que l'un des rails soit à 2 mètres des constructions et l'autre à 1 mètre de la bordure de trottoir déplacée, on arrive à ce double résultat : 1° de laisser à la circulation des voitures ordinaires une largeur de chaussée beaucoup plus grande, suffisante généralement pour le croisement de deux ou trois voitures, facile, par conséquent, à entretenir, et offrant plus d'espace pour l'évolution des chevaux que le passage des trains pourrait effrayer; 2° de réserver aux piétons une largeur de trottoir bien suffisante, en général, puisqu'elle serait de 2 mètres entre les constructions et la voie : d'ailleurs les rails étant noyés dans le trottoir, sans saillie ni dépression à sa surface, la présence de la voie n'empêcherait pas les piétons d'y circuler, à peu près comme si elle n'existait pas.

Cette solution, en outre, ne supprime pas le stationnement des voitures le long du trottoir sur lequel est établie la voie; elle peut seulement le gêner au moment du passage des trains, c'est-à-dire six fois par jour, à des heures régulières et connues du public. C'est là un inconvénient bien minime, comparé à ceux que présentent les deux solutions précédentes.

Terrassements et ouvrages d'art. — Nous n'avons rien à ajouter à ce que nous avons dit relativement aux terrassements et ouvrages d'art, si ce n'est que les dispositions de ces derniers doivent être étudiées avec la plus stricte économie et en repoussant toute dépense de luxe qui, admissible sur une grande ligne, serait inacceptable sur un chemin de fer qui doit être avant tout économique.

Les barrières de passage à niveau seront, en général, supprimées, ce qui dispensera en même temps d'y établir des maisons de garde. La suppression des barrières, autorisée sur les lignes d'intérêt général par la loi du 27 décembre 1880, peut être admise à plus forte raison sur les petites lignes à voie étroite, sauf dans des cas tout à fait exceptionnels.

En ce qui concerne les ouvrages d'art, nous devons signaler la possibilité sur les petites lignes de l'emploi d'une solution à la fois élégante et économique pour la traversée des cours d'eau, lorsque les fondations en pleine rivière présentent de notables difficultés ; cette solution est celle du pont suspendu *métallique*, *rigide* et *à pièces amovibles*, tel qu'il résulte des perfectionnements dont une large part appartient à M. Arnodin, ingénieur, constructeur spécial des ponts suspendus.

Ce genre d'ouvrages, qui avait été presque abandonné à la suite des accidents auxquels ils avaient donné lieu à l'origine, a repris faveur en France, à la suite des progrès réalisés dans leur mode de construction, progrès dont l'idée première appartient aux Américains et qui ont été poursuivis en France de manière à leur assurer, en même temps que la légèreté qui constitue leur principal avantage économique, une grande rigidité et une durée presque indéfinie, par suite de l'application du principe de l'amovibilité, qui permet le remplacement successif de toutes les pièces, sans interrompre ni gêner la circulation.

Le premier pont suspendu construit en France, avec les perfectionnements modernes, est celui de Saint-Ilpize, sur l'Allier, qui est dû à l'initiative de M. Jollois et dont M. Nicou, ingénieur en chef des ponts et chaussées, a rendu compte dans les *Annales* d'octobre 1885.

Les améliorations les plus importantes réalisées dans la construction des ponts suspendus modernes consistent dans l'emploi de haubans ou câbles obliques de rigidité, qui augmentent d'une manière remarquable la stabilité des ouvrages et suppriment presque complètement leurs oscillations, la confection des câbles au moyen de fils tordus, dont la solidité est bien supérieure à celle des câbles en fils parallèles, l'adoption de garde-corps formant de véritables poutres, capables de contribuer à la résistance du tablier, l'indépendance et l'amovibilité des différentes pièces de l'ouvrage, qui permettent d'en effectuer le remplacement sans aucune gêne pour la circulation, etc.

L'adoption de ces différents perfectionnements a rendu les ponts suspendus aussi satisfaisants au point de vue de la solidité que les ponts fixes en métal, tout en leur conservant la grande supériorité qu'ils présentent au point de vue de la dépense ; la solution du pont suspendu est, dans bien des cas, la seule possible sur les routes établies en pays de montagne.

Il ne paraît pas y avoir de raison que cette solution ne soit pas égale-

ment adoptée pour les chemins de fer à voie étroite, comme elle l'a été avec succès en Amérique. Les ponts suspendus modernes établis en France sont en état de supporter des voitures chargées de 11 tonnes ; il ne leur faudrait donc pas un grand supplément de force pour résister au passage de locomotives du poids de 15 à 16 tonnes, dont l'emploi suffit pour desservir, dans certains cas, les petites lignes à voie de 1 mètre et particulièrement les tramways.

Clotures et bornage. — Nous n'avons rien à dire des clôtures des lignes d'intérêt local, si ce n'est qu'elles doivent être généralement supprimées ; c'est une économie de 2 400 francs par kilomètre, qui peut être réalisée sans aucun inconvénient.

Quant au bornage, il convient au contraire d'y procéder pour tous les chemins établis à travers champs ; c'est une faible dépense et elle peut prévenir des anticipations de la voie par les riverains.

Dépenses de l'infrastructure. — D'après les exemples de lignes à voie étroite construites jusqu'à ce jour nous pensons qu'on peut évaluer approximativement de la manière suivante les dépenses de l'infrastructure d'un chemin à voie de 1 mètre, établi soit à travers champs, soit en empruntant les accotements des routes, étant admis dans ce dernier cas que les accotements seront abandonnés lorsque leurs déclivités dépassent 0,03 m. par mètre et qu'en outre les bâtiments des stations seront supprimés ou réduits à très peu de chose.

	LIGNE à travers champs.	TRAMWAYS
Frais généraux, personnel, études.	5 000 fr.	5 000 fr.
Acquisition des terrains	10 000 —	2 000 —
Terrassements et ouvrages d'art	15 000 —	8 000 —
Totaux	30 000 fr.	15 000 fr.

Les chiffres ci-dessus ne s'appliquent, bien entendu, qu'à des chemins de difficulté ordinaire.

Ces chiffres doivent être considérés comme approximatifs et susceptibles de s'augmenter beaucoup si l'on avait à surmonter des difficultés exceptionnelles et à construire des ouvrages d'art importants.

CHAPITRE III

SUPERSTRUCTURE

§ 1er. — Voie et accessoires de la voie. — Rails. — Eclissage et attache des rails. — Traverses. — Pose de la voie. Surécartement dans les courbes. Surhaussement du rail extérieur. Espacement des traverses. Inclinaison du rail. — Prix de la voie. — Accessoires de la voie.

§ 2. — Gares et stations. — Dispositions d'ensemble. — Bâtiments. — Alimentation des machines. — Emploi des pulsomètres, éjecteurs, etc.

§ 3. — Signaux. — Dépense de la superstructure.

§ 1er. — VOIE ET ACCESSOIRES DE LA VOIE

Rails. — D'après ce que nous avons dit quand nous avons fait la comparaison entre la voie à double champignon et la voie Vignole [1], il est clair que cette dernière, à cause de son moindre prix d'établissement, est naturellement désignée pour être employée sur les lignes à voie étroite. En fait, son emploi est général sur les lignes de cette nature. Toutefois, MM. Sartiaux et Bandérali ont fait remarquer, dans leur Étude déjà citée sur les chemins de fer à voie de 1 mètre, que si le tracé de la ligne doit, comme cela s'est présenté pour les chemins de la Corse, comporter des déclivités considérables et des courbes très raides et très nombreuses, si les traverses en bois tendre ne doivent offrir au patin du rail qu'une attache insuffisante, il peut être préférable d'employer le rail à double champignon, encastré dans un coussinet massif solidement attaché sur la traverse.

Nous décrirons donc les deux types de voie, Vignole et à coussinets.

Le profil du rail Vignole, étudié en vue de donner passage à des machines pesant au maximum 8 tonnes par essieu, est représenté par la figure 665 : il pèse un peu plus de 21 kilogrammes.

[1] Voy. t. I, p. 328.

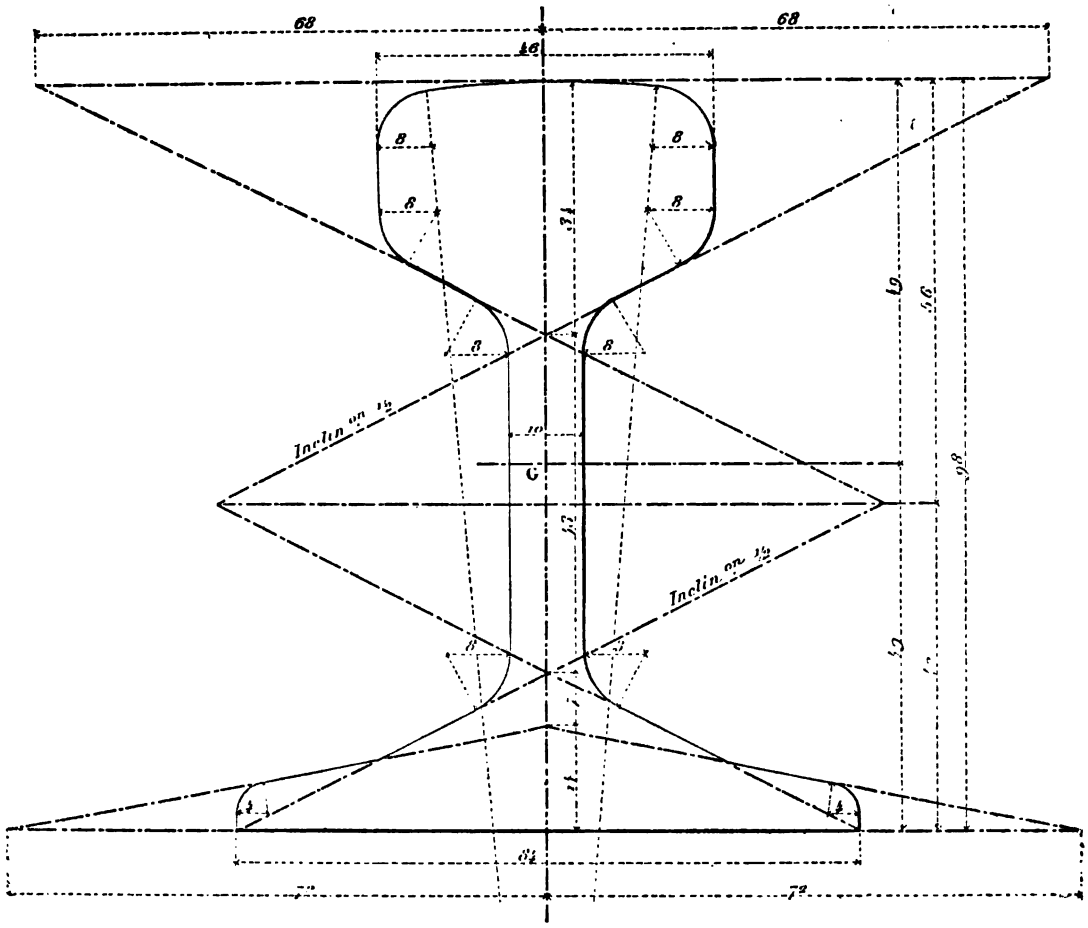


Fig. 665. — Rail à patin en acier de 21kg,231. — Vraie grandeur.

Les principales conditions d'établissement de ce rail sont résumées ci-après :

Hauteur totale	0,098 m.
Largeur du patin	0,084 —
Largeur du champignon	0,046 —
Épaisseur de l'âme	0,010 —
Angle d'épaulement	126° 52′ 20″ (Inclinaison 0,5)
Section du rail	0,002715 m²
Poids par mètre courant (la densité de l'acier étant 7,82)	21,231 kg.
Rapport de la hauteur totale à la largeur du patin	1,1666
Hauteur du centre de gravité G au-dessus du plan de la base du patin	0,049 m.
Moment d'inertie	0,000003453022

Effort maximum de compression du rail supposé neuf, par millimètre carré de section :

L'espacement des traverses étant de 0,85 m. pour les travées intermédiaires . . . . . 7,221 kg.
L'espacement des traverses étant de 0,50 au joint. . . . . 7,167[1] —

Si l'on admet que, dans les conditions les plus défavorables de pentes et

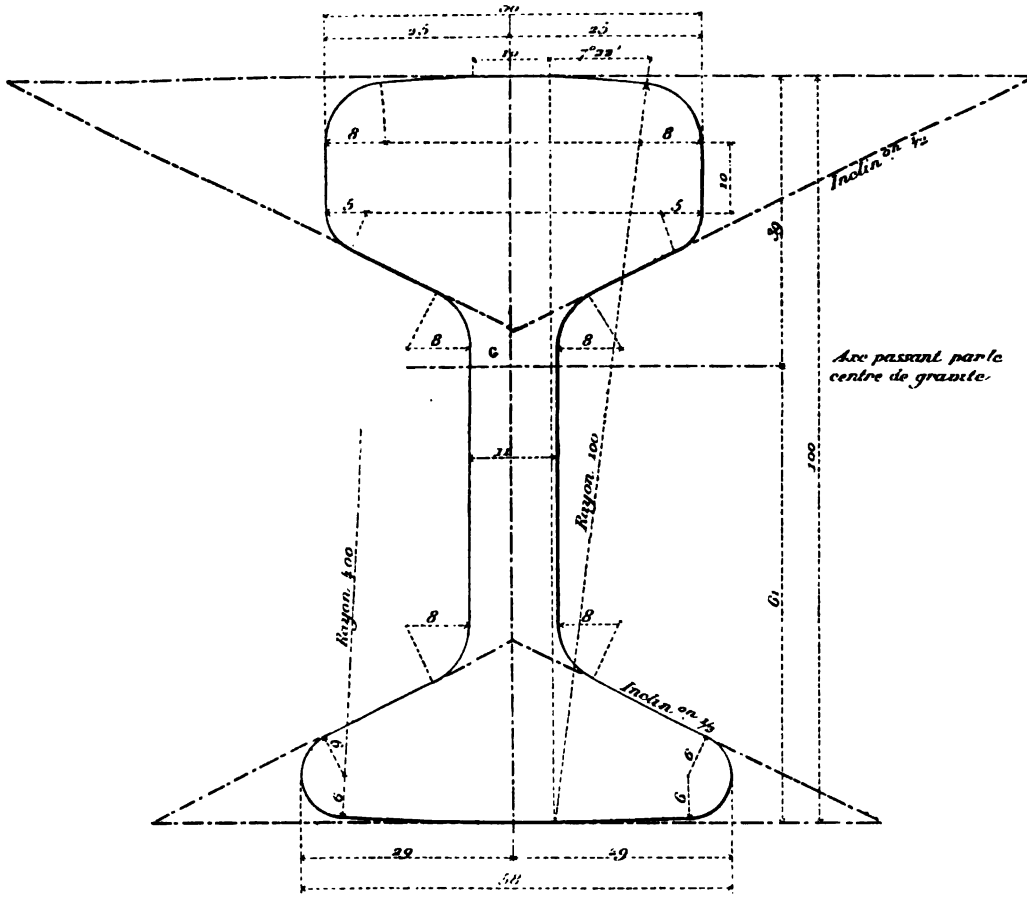


Fig. 666. — Rail en acier de 22k,803. Type Bullheaded. — Vraie grandeur.

de courbes, l'usure des rails soit de 1 millimètre après passage de 100 000 trains, on voit que cette usure ne se réaliserait qu'au bout de vingt-cinq ans de service sur une ligne parcourue par dix trains par jour, soit 4 000 trains par an. En admettant, comme à la compagnie du Nord, que le rail sera hors d'usage après une augmentation de 23 p. 100 de sa résistance primitive, le calcul montre qu'à ce moment l'usure du rail sera de 7 millimètres et qu'il aura perdu 14 p. 100 de son poids. Le profil considéré

[1] Le détail des calculs est donné dans la *Revue générale* de septembre 1884. Nous le reproduisons à l'annexe A.

assigne donc au rail, dans les conditions admises pour le trafic, une durée de cent soixante-quinze ans.

Sur une ligne à trois trains dans chaque sens, la durée du rail serait d'au moins trois cents ans.

Si l'on croit devoir se décider pour l'adoption du rail à coussinets, il ne faut pas hésiter à renoncer à la faculté du retournement, absolument illusoire avec les rails d'acier, surtout sur les petites lignes, et adopter un type à champignons dyssymétriques, le coussinet n'étant plus considéré que comme un moyen de donner au rail une base d'appui plus considérable. C'est dans cet ordre d'idées que l'on a adopté, pour les chemins de fer de la Corse, un type imité du rail *Bullheaded* ou *tête de bœuf*, appliqué sur le métropolitain de Londres et maintenant employé sur tous les réseaux de chemins de fer qui se servent de la voie à coussinets.

Ce rail, représenté par la figure 666, pèse près de 23 kilogrammes par mètre courant; il a, dans le sens vertical, une résistance à la flexion presque égale à celle du rail à patin décrit plus haut et, dans le sens latéral, une résistance notablement plus forte.

Avec un coussinet massif du poids de 10 kilogrammes environ, présentant une large surface d'appui sur la traverse et relié à cette traverse par trois tirefonds écartés, on peut obtenir une voie extrêmement solide, même en employant des traverses en sapin, et capable de résister aux efforts d'une machine puissante de 20 à 25 tonnes, circulant avec une vitesse de 40 kilomètres à l'heure sur une ligne à fortes pentes et à courbes accentuées.

Nous résumons ci-après les principales conditions d'établissement de ce rail :

Hauteur totale	0,100 m.
Largeur du champignon supérieur	0,050 —
— inférieur	0,058 —
Épaisseur de l'âme	0,011 —
Angle d'épaulement	126° 52′ 20″ (Inclinaison 0,5)
Section du rail	0,002916 m²
Poids par mètre courant	22,803 kg.
Hauteur du centre de gravité G au-dessus du plan de la base	0,0525 m.
Moment d'inertie	0,000003587

Effort maximum de compression du rail supposé neuf, par millimètre carré de section[1] :

L'espacement des traverses étant de 0,85 m. pour les traverses intermédiaires	6,466 kg.
L'espacement des traverses étant de 0,55 m. au joint	6,360 —
Longueur des coussinets	0,290 m.
Largeur d'appui du rail sur le coussinet	0,130 —
Poids du coussinet	10 kg. environ

[1] Voy. le calcul à l'annexe A.

La figure 667 représente le coussinet employé pour le rail dont il s'agit.

En procédant de la même manière que pour le rail à patin, on trouve que la durée du rail Bullheaded, sur une ligne à cinq trains dans chaque sens, serait de deux cent soixante ans. Pour une ligne à trois trains, elle serait de quatre cent cinquante ans.

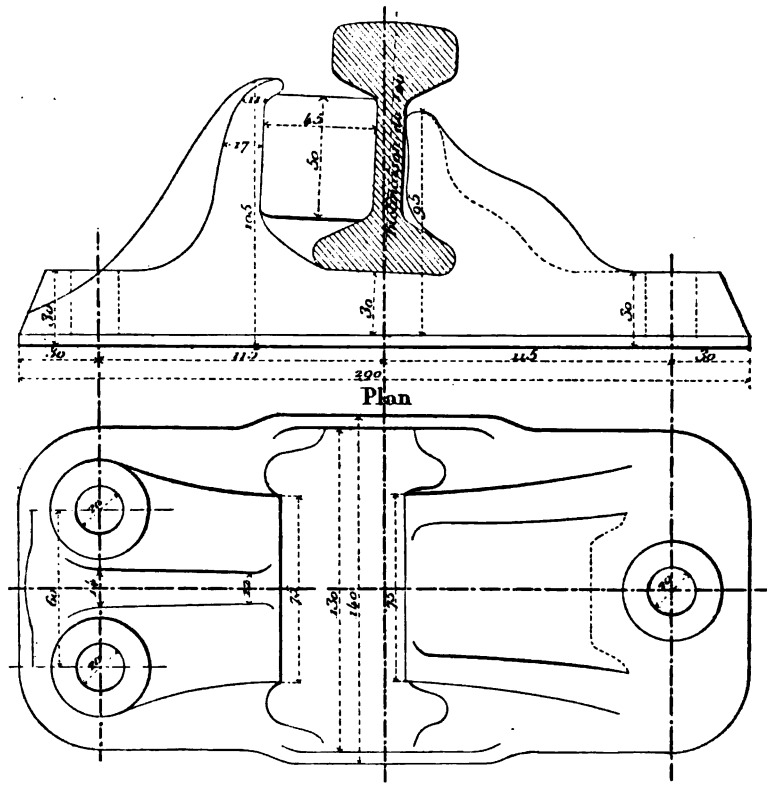


Fig. 667. — Type du coussinet pour rail en acier de 22kg,803. — Échelle de 1/3.

Les deux types de rails dont nous venons de parler, étudiés en vue de résister au poids d'une machine de 24 à 25 tonnes, soit 8 tonnes par essieu, conviennent très bien pour les chemins accidentés comme ceux de la Corse ; mais il est clair qu'ils sont trop forts pour les conditions moyennes du service des lignes à voie étroite. La plupart de ces lignes peuvent être desservies par des locomotives de 18 à 20 tonnes ; d'un autre côté, il n'y a aucune raison pour ne pas faire travailler l'acier des rails à 8 ou 9 kilogrammes par millimètre carré, puisque les rails des grandes lignes supportent couramment des efforts de 8 kilogrammes au moins.

Dans ces conditions, un type de rail à patin pesant 18 kilogrammes au mètre courant paraît être bien suffisant dans la plupart des cas pour l'arme-

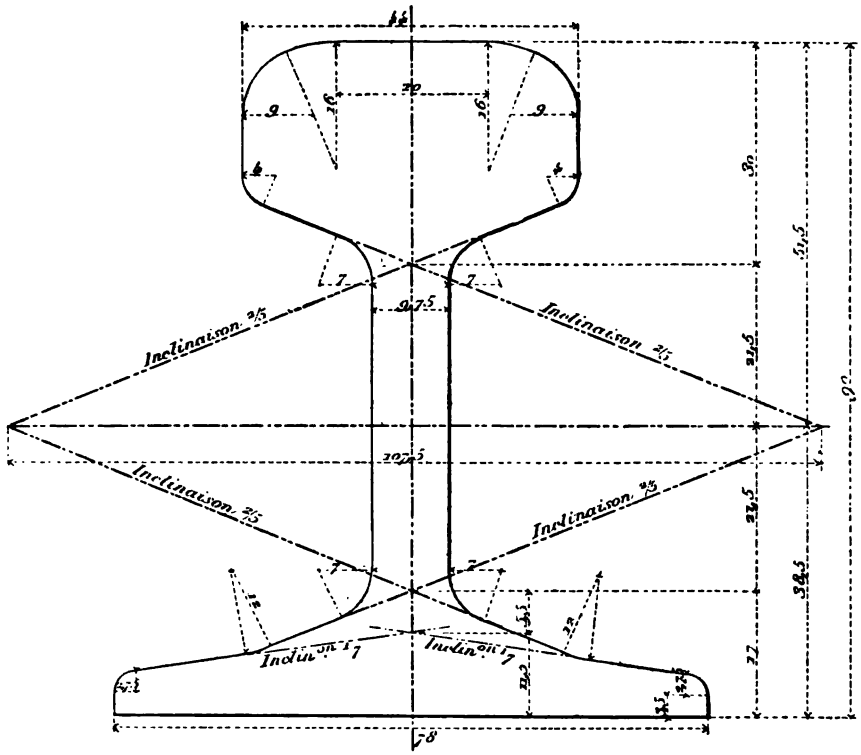


Fig. 668. — Rail en acier de 18 kilogr. — Grandeur d'exécution.

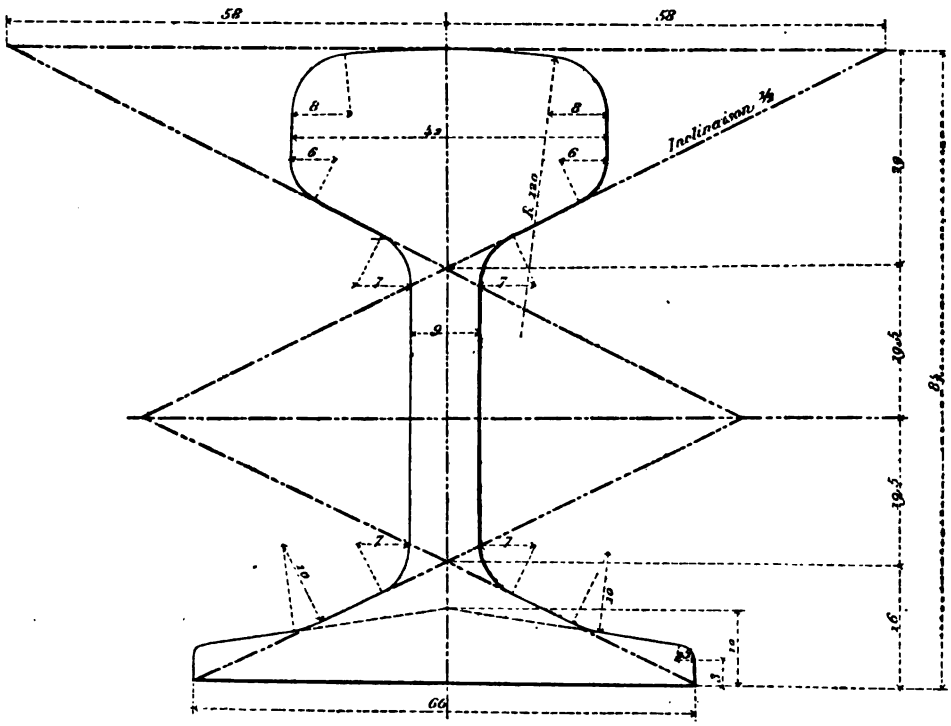


Fig. 669. — Rail en acier de 15 kilogr. — Grandeur d'exécution.

ment des lignes à voie étroite. Sur les tramways desservis par des machines de 15 tonnes, ce poids peut être réduit à 15 kilogrammes.

Nous représentons (fig. 668 et 669) deux types de rails Vignole de 18 et 15 kilogrammes. Le premier est le rail du réseau sud des chemins de fer d'intérêt local d'Indre-et-Loire ; le second est celui des tramways de la Sarthe et de Loir-et-Cher. Les principales conditions d'établissement de ces deux rails sont résumées ci-après :

	RAIL	
	d'Indre-et-Loire.	de Loir-et-Cher.
Hauteur totale	0,090 m.	0,084 m.
Largeur du champignon	0,044 —	0,042 —
Largeur du patin	0,078 —	0,066 —
Epaisseur de l'âme	0,01075	0,009 —
Inclinaison de l'épaulement	2/5	0,5
Section du rail	»	0,0019185 m²
Poids par mètre courant	18 kg.	15 kg.
Rapport de la hauteur totale à la largeur du patin	1,1538 m.	1,2727 m.
Hauteur du centre de gravité au-dessus du plan de la base	»	0,0438 m.
Moment d'inertie	»	0,000001777 m.

Sous le passage d'un essieu de 6 tonnes, l'effort de compression du rail d'Indre-et-Loire est de 6,82 kg. par millimètre carré de section pour les traverses intermédiaires (0,8337 m. d'écartement d'axe en axe) et de 6,91 kg. au joint (0,50 m. d'écartement).

Avec le rail des tramways de Loir-et-Cher, dont les machines pèsent 14 700 kilogrammes en ordre de marche, soit 4 900 kilogrammes par essieu, l'effort est de 7,33 kg. pour les traverses intermédiaires, espacées de 0,82 m., et de 9,43 kg. au joint (écartement de 0,625 m.)[1].

En admettant que ces deux profils de rails puissent rester en service tant que l'usure du champignon n'a pas atteint 5 millimètres, leur durée serait, d'après les bases que nous avons données plus haut, de cent vingt-cinq ans sur une ligne à trois trains.

Éclissage et attache des rails. — Les figures 670 et 671 représentent l'éclissage du rail Bullheaded de 23 kilogrammes. Celui du rail à patin en diffère peu.

Les deux éclisses ne sont pas semblables. L'éclisse extérieure porte deux filets saillants, destinés à empêcher la tête du boulon de tourner lorsqu'on

[1] Voy. le calcul à l'annexe A.

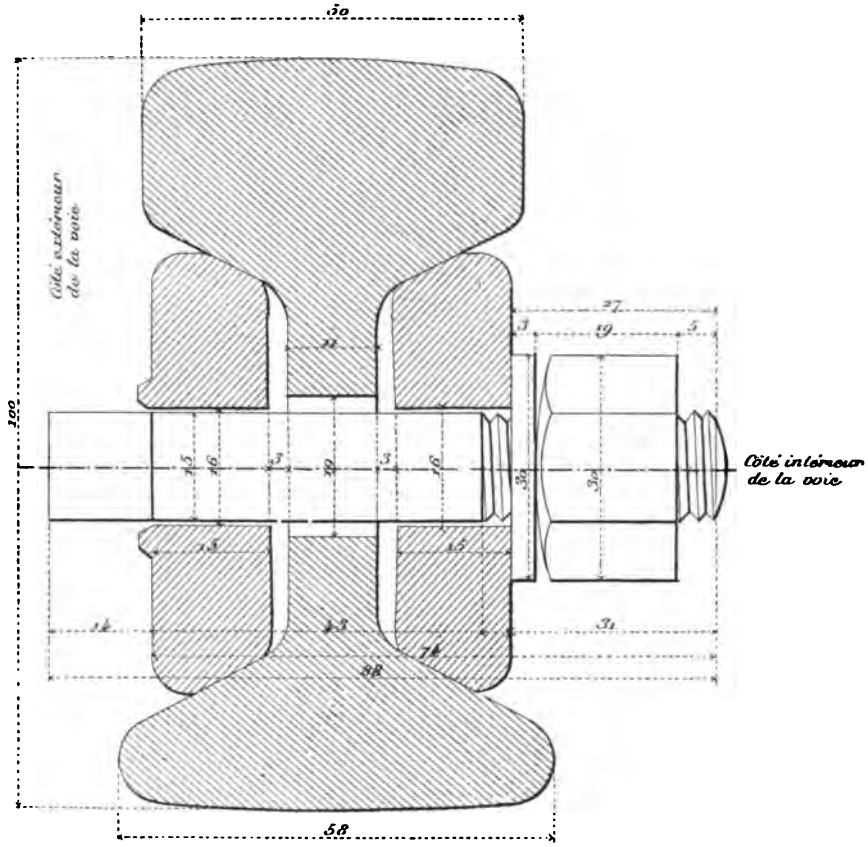


Fig. 670. — Eclissage du rail Bullheaded. Coupe transversale. — Vraie grandeur.

serre l'écrou ; elle est percée de quatre trous de 16 millimètres de diamètre pour le passage des boulons. L'éclisse intérieure n'a pas de filets. Leur hauteur est de 59,4 mm., leur épaisseur de 15 et leur longueur de 360 ; elles pèsent 2,35 kg. à 2,40 kg. chacune.

Quant à l'éclissage du rail de 15 kilogrammes, il est représenté en coupe sur la figure 672. On voit qu'il est réalisé au moyen d'éclisses cornières, destinées à donner plus de raideur au joint. Ces éclisses (fig. 673) sont employées pour la voie courante ; pour les changements de voies, on se sert d'éclisses simples (fig. 674). La figure 675 représente le boulon d'éclisses, l'écrou et la rondelle.

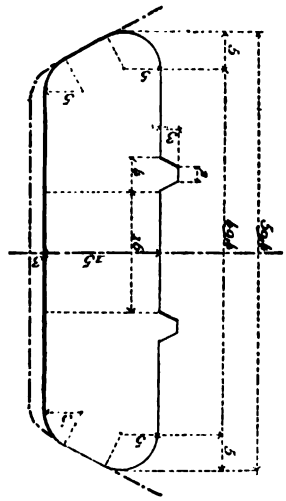


Fig. 671. — Éclisse extérieure. Vraie grandeur.

L'attache des rails est obtenue au moyen de tirefonds, dont nous repré-

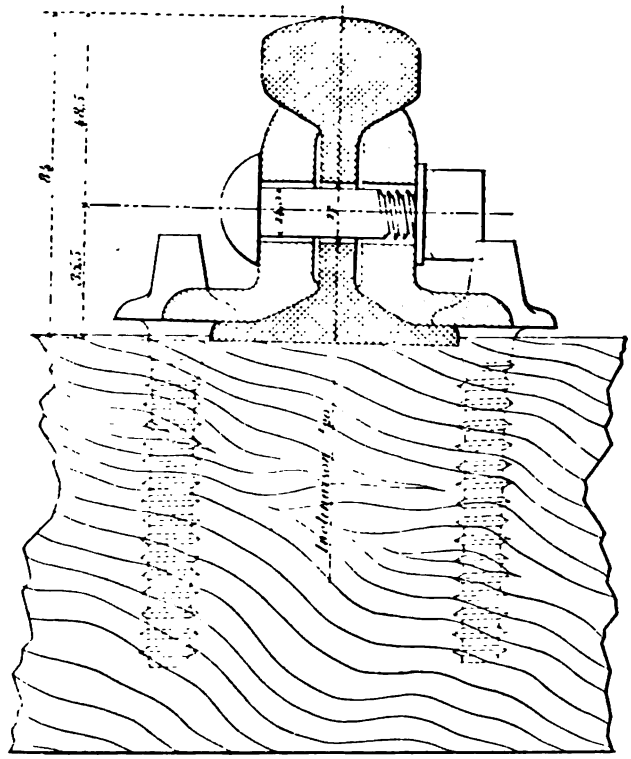


Fig. 672. — Éclissage du rail de 15 kilogr. Coupe transversale. — 1/2 grandeur.

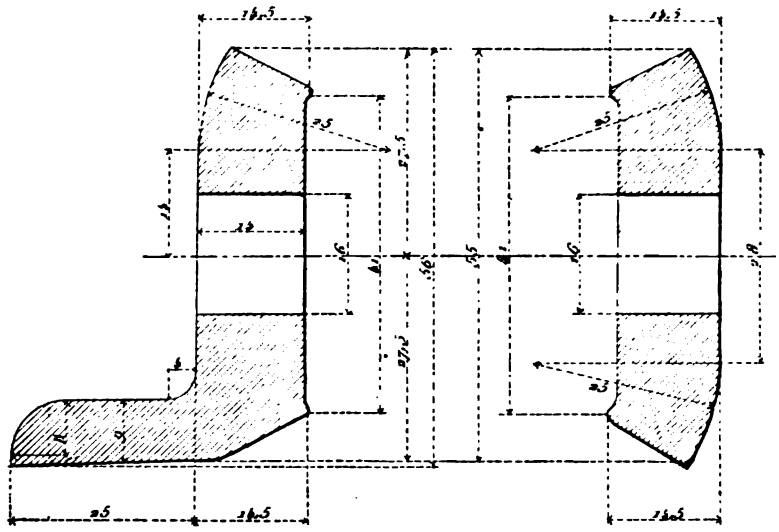


Fig. 673. — Eclisse cornière pour la pose courante.

Fig. 674. — Éclisse simple pour changement de voie.

Grandeur d'exécution.

sentons deux types (fig. 676 et 677), le premier, applicable aux rails de 21 et 23 kilogrammes, le second aux rails de 15 kilogrammes.

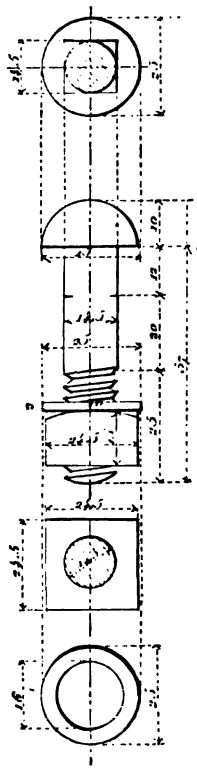


Fig. 675. — Boulon d'éclisse. Ecrou et rondelle. 1/2 grandeur.

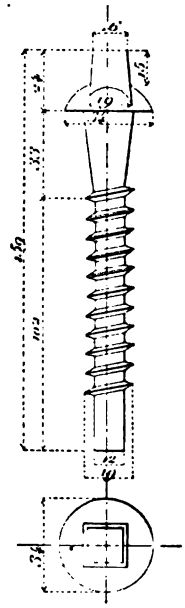


Fig. 676. Tirefond. Echelle de 1/3.

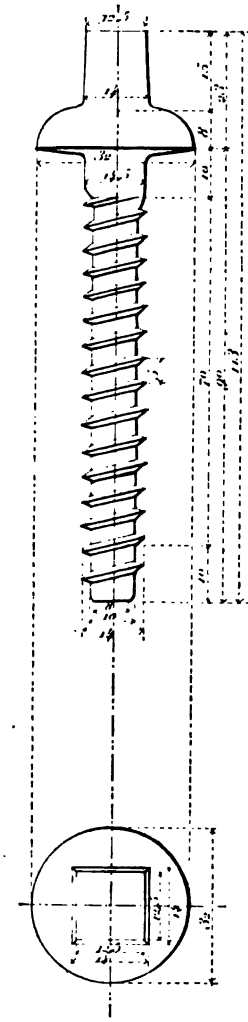


Fig. 677. Tirefond. Echelle de 2/3.

Traverses. — Les dimensions des traverses pour la voie de 1 mètre sont naturellement plus faibles que pour la voie normale. Leurs dimensions transversales peuvent être de 0,15 m. à 0,20 m. de largeur sur 0,10 m. à 0,12 m. d'épaisseur ; leur longueur ne doit pas être inférieure à 1,60 m. ; si le tracé comporte des courbes à faible rayon, il peut être bon de porter cette longueur à 1,75 m. et même 1,80 m.

Pose de la voie. — Les dispositions à adopter pour la pose de la voie dif-

ferent nécessairement un peu de celles que nous avons indiquées pour les lignes à voie normale. Nous résumons ci-après celles qui sont recommandées par MM. Sartiaux et Bandérali.

Surécartement dans les courbes. — Il est à peu près impossible de déterminer mathématiquement la valeur du surécartement, quand on en admet la nécessité; l'expérience semble être sur ce point la meilleure règle.

Sur le chemin de Hermes à Beaumont, la largeur de 1 mètre laisse un jeu latéral qui, grâce à la conicité, permet à deux roues neuves de 0,70 m. de diamètre, montées sur un même essieu, de parcourir sans glissement les deux files de rails dans des courbes de 500 mètres de rayon.

Avec des courbes de 450 mètres et au-dessous on a adopté, après une série de tâtonnements, les chiffres suivants pour la largeur de la voie :

Courbes de 100 à 150 mètres de rayon	1,02 m.	faible.
— 150 à 300 — —	1.015	—
— 300 à 450 — —	1,01	—
— 500 et au dela	1	—

C'est également d'après les chiffres ci-dessus qu'est réglée la largeur de la voie en courbe, sur les lignes de la compagnie des chemins de fer départementaux.

Ajoutons toutefois que l'utilité d'un surécartement est contestée pour les lignes à voie étroite comme pour les autres ; sur beaucoup de réseaux aucun surécartement n'est admis, quel que soit le rayon des courbes; il semble qu'il n'en est résulté jusqu'à présent aucun inconvénient.

Surhaussement du rail extérieur. — Les formules employées sont variables; elles sont généralement de la forme :

$$S = K \frac{V}{R},$$

K étant un coefficient d'expérience ;

V la vitesse maxima;

R le rayon de la courbe.

Les résultats donnés par ces formules, pour une vitesse de 40 kilomètres, varient entre

$$\frac{26.67}{R} \text{ et } \frac{12.58}{R},$$

et correspondent à une formule moyenne

$$S = \frac{15}{R}.$$

Cette formule donne les chiffres suivants :

	Surhaussement
Rayon de 100 mètres	0,15 m.
— 150 —	0,10 —
— 200 —	0,075 —
— 250 —	0,06 —
— 300 —	0,05 —

Autant que possible, on obtient le surhaussement, sans modifier le profil en long de l'axe de la voie, par une dénivellation relative des deux files de rails, en abaissant l'une et en élevant l'autre d'une quantité égale à la moitié du surhaussement total. La transition doit être ménagée aux deux extrémités de la courbe par des rampes ou des pentes qui amènent ou effacent graduellement la dénivellation.

Ces chiffres nous paraissent notablement trop forts.

La compagnie de chemins de fer départementaux conseille les chiffres suivants qui sont déduits de la formule $S = \frac{9}{R}$.

Rayon de 100 mètres	0,09 m.
— 150 —	0,06 —
— 200 —	0,045 —
— 250 —	0,035 —
— 300 —	0,030 —

Espacement des traverses. — On peut adopter pour les traverses de joint un espacement de 0,50 m. à 0,55 m. et employer dix traverses pour une longueur de rails de 8 mètres, ce qui conduit à un espacement de 0,80 m. à 0,85 m. pour les traverses intermédiaires.

Pour la pose en courbes, on rachète la différence de longueur des deux files de rails en plaçant sur la file intérieure des rails plus courts, de 7,90 m. et de 7,94 m.

Inclinaison du rail. — L'inclinaison du rail, ou le dévers de la voie, est liée intimement à la conicité des bandages. La relation qui doit exister entre ces deux éléments, pour annuler le frottement longitudinal dans la circulation en courbe, a été établie (t. Ier, p. 262) ; elle est :

$$R = \frac{er}{J \operatorname{tg} \alpha},$$

e représentant l'écartement de la voie d'axe en axe des rails ;
r le rayon moyen des roues ;
J le jeu de la voie ;
α l'angle du bandage avec l'horizontale.

Pour une voie de 1 mètre d'écartement intérieur et des rails ayant 4 à 5 centimètres de largeur de champignon, on peut prendre

$$e = 1^{m},045 ;$$

r est égal à 0,35 m. environ.

Quant à $tg\ \alpha$, on lui donne habitullement la même valeur que pour le matériel de la voie normale, soit 1/20.

Dès lors, pour supprimer tout glissement dans une courbe de 100 mètres de rayon, il faudra que l'on ait :

$$J = \frac{er}{R\ tg\ \alpha},$$

ou

$$J = \frac{1.045 \times 0,35}{100 \times \frac{1}{20}},$$

d'où l'on tire

$$J = 0^m,07475.$$

Cette valeur du jeu total de la voie, quoiqu'un peu forte, n'est pas inconciliable avec les conditions de la pratique, si l'on admet un surécartement de 2 centimètres dans les courbes de 100 mètres de rayon.

Toutefois, comme elle conduirait soit à des bandages un peu trop larges, soit au maintien partiel du glissement, on peut, sans inconvénient, adopter pour l'inclinaison et la conicité la valeur de $\frac{1}{17}$, comme cela se fait en Allemagne. Dans ce cas, le jeu total prend une valeur de 0,0635 m., qui permet d'établir le matériel fixe et roulant dans de bonnes conditions de conservation.

Pour compléter les notions générales qui précèdent, nous reproduisons (annexe B) l'instruction pratique rédigée par M. Faliès pour la pose de la voie sur les tramways de Loir-et-Cher.

Prix de la voie. — Le rail à patin de 18 kilogrammes au mètre courant est considéré comme le type normalement applicable aux chemins de fer à voie étroite ; nous le prendrons donc comme base de nos calculs dans l'établissement du prix de revient de la voie, en lui supposant une longueur de 8 mètres.

Une travée comporte, dans ces conditions :

2 rails en acier de 8 mètres ;
10 traverses en chêne ;
2 paires d'éclisses ;
8 boulons d'éclisses ;
40 tirefonds.

Son prix peut s'évaluer de la manière suivante :

2 rails en acier de 8 mètres de longueur, pesant 18 kilogrammes le mètre courant, soit 2 × 8 × 18 = 288 kilogrammes d'acier à 0,20 fr. le kilogramme.	57,60 fr.
10 traverses en chêne à 3 francs l'une	30 —

2 paires d'éclisses pesant 5 kilogrammes la paire, soit 10 kilogrammes de fer ou d'acier à 0,20 fr.	2 fr.
8 boulons d'éclisses pesant 0,4 kg. chacun, soit 3,2 kg. de fer à 0,30 fr.	0,96 —
40 tirefonds pesant 0,2 kg. chacun, soit 8 kilogrammes d'acier à 0,40 fr	3,20 —
Total pour la fourniture des matériaux d'une travée de 8 mètres.	93,76 fr.
Soit par mètre courant $\frac{93,76}{8}$, ou	11,72 fr.
Il y a lieu d'ajouter pour transport, sabotage, pose et frais divers.	3 —
Total pour la voie non ballastée.	14,72 fr.

Le cube du ballast, en lui supposant une largeur de 2,20 m. à 2,50 m. au niveau des rails et une épaisseur de 0,35 m., est d'environ 0,90 m³ à 1 mètre cube par mètre courant. Comptons 1 mètre cube et admettons le prix de 3,50 fr. ; le prix du mètre courant de ballastage sera :

1 m³ × 3,50 fr.	3,50 fr.
et par suite le prix du mètre courant de voie ballastée. .	18,22 —
On peut donc compter, pour un kilomètre de voie, non compris le ballastage.	15 000 —
Y compris le ballastage.	18 000 —

En adoptant un rail de 15 kilogrammes, en réduisant un peu le poids du petit matériel de voie et en se contentant d'une largeur de ballast de deux mètres, les prix ci-dessus peuvent être diminués et ramenés aux chiffres suivants :

Voie sans ballast	13 000 fr.
Voie ballastée.	16 000 —

Accessoires de la voie. — Les appareils divers de la voie, changements et croisements, plaques tournantes, etc., subissent avec la voie de 1 mètre, des modifications et des réductions correspondantes à celles de la voie et du matériel roulant.

La figure 678 représente la disposition d'un changement simple (déviation à droite) employé sur le réseau des tramways de Loir-et-Cher. La déviation à gauche est symétrique.

Le rayon de la voie courbe est de 50 mètres. L'appareil est entièrement formé en rails Vignole de la voie courante. Il est tout à fait analogue à celui qui est employé sur les lignes à voie normale, dont il ne diffère que par quelques détails, par exemple, l'attache des tringles de connexion avec les aiguilles, qui est obtenue au moyen d'un écrou fixé à l'extrémité des tringles traversant les rails.

La longueur totale de l'aiguille est de 3 mètres; celle du rail contre-aiguille est de 3,60 m. Le levier de manœuvre, situé à 0,70 m. de la pointe de

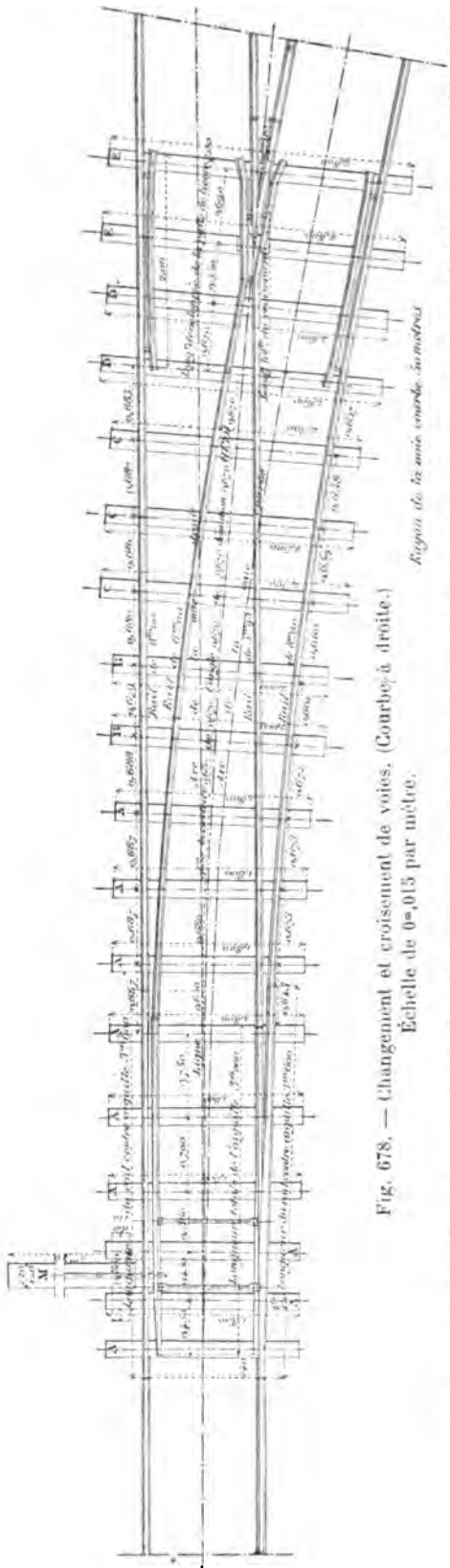


Fig. 678. — Changement et croisement de voies. (Courbe à droite.)
Échelle de 0m,015 par mètre.

l'aiguille, porte un contrepoids mobile qui permet de maintenir l'aiguille faite à fond pour l'une des deux directions et d'empêcher qu'elle soit entrebâillée.

La pose de l'apppareil exige l'emploi de cinq types spéciaux de traverses, indépendamment de la pièce de bois spéciale qui supporte le levier de manœuvre. Ces traverses, A, B, C, D, E, ont respectivement 1,80 m., 2 mètres 2,30 m., 2,60 m., et 2,80 m. de longueur ; elles ont uniformément 0,16 m de largeur sur 0,12 m. d'épaisseur.

Ce type de changement convient bien pour le raccordement des voies accessoires ; si l'on avait à établir une bifurcation en pleine voie, ce qui est d'ailleurs assez rare sur les lignes à voie étroite, il conviendrait de donner à la courbe de raccordement un rayon plus grand. On y parviendrait en adoptant pour le croisement un angle plus aigu, correspondant par exemple à une tangente de 0,10 m. ou 0,11 m.

Les plaques tournantes employées sur les tramways de Loir-et-Cher servent à la fois pour la manœuvre des wagons et pour celles des machines. Elles ont 3 mètres de diamètre et sont construites d'une manière tout a fait analogue à celle des grandes lignes, c'est-à-dire qu'elles se composent essentiellement :

1° D'un plateau supérieur mobile, en fonte, sur lequel sont placés les rails, et relié à un pivot central à grain d'acier ;

2° D'un plateau inférieur fixe servant de fondation et portant la crapaudine du pivot ;

3° De galets de roulement coniques

en fonte, roulant entre les deux plateaux, lesdits galets reliés par des bras à un collier qui entoure le pivot;

4° D'une cuve en fonte retenant le ballast autour de l'appareil.

Indépendamment des deux voies rectangulaires que comporte toute plaque tournante, la cuve est disposée de manière à recevoir également deux voies diagonales à 45°.

Les galets de roulement ont, en service, un diamètre moyen de 300 millimètres; au moment de la fabrication, ce diamètre est porté à 303 millimètres. afin de compenser l'usure produite par le frottement. Le pivot est d'ailleurs disposé de manière à permettre de rattraper cette usure.

§ 2. — GARES ET STATIONS

Dispositions d'ensemble. — Les dispositions à adopter pour les stations ont une grande importance, encore plus peut-être sur les lignes à voie étroite que sur les autres, en raison du trafic modeste qu'elles ont généralement à desservir et de la nécessité qui s'impose de les constituer en vue d'une exploitation très économique.

On peut admettre que, dans la plupart des cas, les lignes à voie étroite seront, pendant longtemps, desservies uniquement par des trains mixtes; pour satisfaire aussi économiquement que possible aux nécessités du trafic des voyageurs et des marchandises, ces trains pourront être de deux espèces : les uns, trains mixtes proprement dits, se rapprochant du caractère et de la vitesse des trains de voyageurs, ne contiendront que des wagons complets à prendre ou à laisser dans les stations; les autres qu'on pourrait appeler des trains de *Marchandises-voyageurs*, suivant une dénomination usitée sur tous les réseaux seront plutôt des trains de marchandises transportant accessoirement des voyageurs.

Cette organisation des trains est rationnelle et économique, et l'expérience faite sur diverses lignes à voie étroite, telle que celle de Hermes à Beaumont et celle d'Anvin à Calais, ainsi que sur les groupes secondaires à voie normale de la compagnie du Nord, en a démontré l'efficacité. Les dispositions des gares devront donc être étudiées en vue de l'exploitation par trains mixtes et les voies installées de manière à assurer le service avec le plus petit nombre d'agents possible, en réduisant au minimum la durée du stationnement des trains dans les gares; cette dernière condition est très importante à remplir, afin de pas rendre insupportable pour le public le mode d'exploitation par trains mixtes.

Dans certains cas, d'ailleurs, il pourra être avantageux de donner à quelques trains une allure plus rapide, qui exclue de leur composition les wa-

gons à marchandises ; ce cas pourra se présenter, par exemple, par suite de la nécessité d'assurer des correspondances aux extrémités de la petite ligne. On pourra alors avoir recours à l'emploi des trains dits *légers*, contenant un petit nombre d'essieux, dont le régime, organisé par le décret du 9 mars 1889, est actuellement défini par le décret du 1er mars 1901 et dans lesquels, moyennant l'emploi du frein continu, le chauffeur peut être supprimé et le personnel du train réduit à deux agents : un machiniste et un chef de train. Cette organisation, bien plus commode pour le public que l'exploitation par trains mixtes, pourra être adoptée toutes les fois qu'elle n'entraînera pas, pour le service des marchandises, la création de trains nouveaux dont la mise en marche occasionnerait une dépense de traction hors de proportion avec le trafic de la ligne.

D'ailleurs, les dispositions des stations établies en vue des trains mixtes

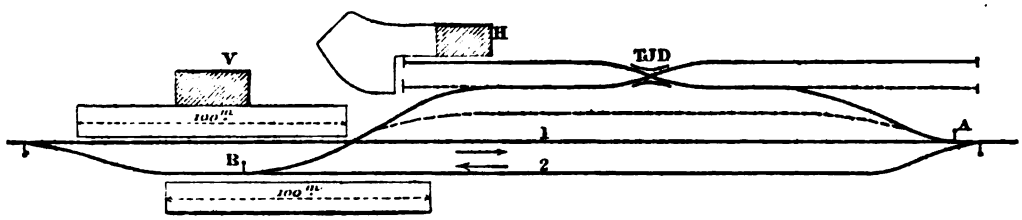


Fig. 679. — Type de petite station pour ligne à voie étroite. — Type n° 1.

s'appliqueront fort bien aux trains légers de sorte qu'en définitive c'est surtout en vue des trains mixtes et des trains de marchandises que ces dispositions doivent être étudiées.

Nous avons fait connaître (t. II, p. 3 et suivantes) les dispositions à adopter sur les lignes à voie normale dans les différents cas qui peuvent se présenter, suivant la position respective des services de voyageurs et de marchandises et d'après l'intensité du trafic. Ces dispositions s'appliquent également aux lignes à voie étroite, à la condition de réduire la longueur utile des voies, en tenant compte du développement moins considérable des trains qui circulent sur les lignes de cette nature. Elles peuvent aussi être modifiées, dans le cas d'un trafic très faible, se réduisant à quelques wagons par jour, au moyen de l'emploi de traversées-jonctions, établies d'après les types de stations arrêtés pour les chemins de fer de la Corse[1].

La figure 679 représente les dispositions d'une station installée pour desservir un trafic modeste de 10 à 15 wagons par jour, les voyageurs et les marchandises étant placés du même côté des voies principales.

Les installations des marchandises comprennent une voie de 140 à 160 mètres de longueur, terminée en impasse à ses deux extrémités, desser-

[1] *Annales des Ponts et Chaussées*, janvier 1884.

vant, du côté du bâtiment des voyageurs et très près de lui, la halle et le quai découvert. Cette voie est reliée en son milieu au moyen d'une traversée-jonction double avec deux bouts de voie se raccordant de part et d'autre aux deux voies principales, l'un à la voie 1 par l'aiguille A, l'autre à la voie 2 par l'aiguille B, après avoir traversé obliquement la voie 1.

Au moyen de cette disposition, les trains pairs et impairs déposent toujours les voitures à voyageurs en face des trottoirs et les manœuvres s'effectuent à la machine, pendant que les voyageurs montent ou descendent.

De plus, grâce aux deux bouts de voie existant dans chaque sens, les trains peuvent, par une manœuvre aussi réduite que possible, déposer les wagons à laisser sur l'un des bouts de voie, que la gare a dû rendre libre

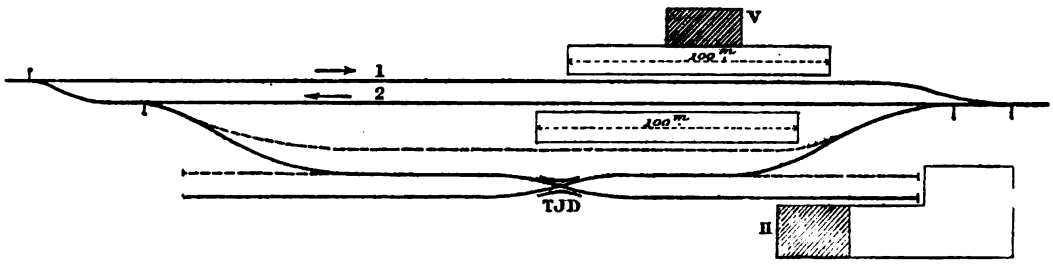


Fig. 680. — Type de petite station pour ligne à voie étroite. — Type n° 2.

avant l'arrivée du train, et prendre sur l'autre les wagons préparés à l'avance par la gare entre deux trains consécutifs.

Cette disposition, qui permet en outre la pose de petits bouts de voie éventuels (figurés en pointillé sur la figure), quand le trafic augmente un peu, ne convient toutefois qu'à un mouvement modeste, ne dépassant pas dix à quinze wagons par jour ; ce cas sera probablement assez fréquent sur les lignes à voie étroite. Une voie de garage, de 150 mètres de longueur utile, est également représentée en pointillé et pourra être posée si c'est nécessaire.

Pour un trafic plus important, il convient de revenir franchement à l'emploi des plaques tournantes, qui a ici d'autant moins d'inconvénients que la manœuvre en est moins pénible que sur les chemins à voie normale. On peut d'ailleurs, ainsi que nous l'avons vu, les remplacer par des chariots.

Quand des circonstances particulières, telles que des difficultés dans les terrains, les accès, etc., obligent à mettre le service des marchandises de l'autre côte des voies, le type de petite station avec traversée-jonction prend la forme représentée par la figure 680.

Les dispositions des types n°s 1 et 2 ci-dessus, qui ont été recommandés

par la commission des chemins de fer de la Corse, sont très favorables en vue d'une exploitation par trains mixtes ; l'expérience qui en a été faite dans un grand nombre de stations des lignes secondaires du réseau du Nord a montré que la durée des manœuvres n'y dépassait pas cinq ou six minutes et qu'elle pouvait même être plus courte, lorsque les agents de l'exploitation sont très soigneux. Elles permettent donc d'assurer le service des petites lignes dans des conditions économiques et satisfaisantes.

On trouve également, sur la ligne à voie étroite d'Anvin à Calais et sur

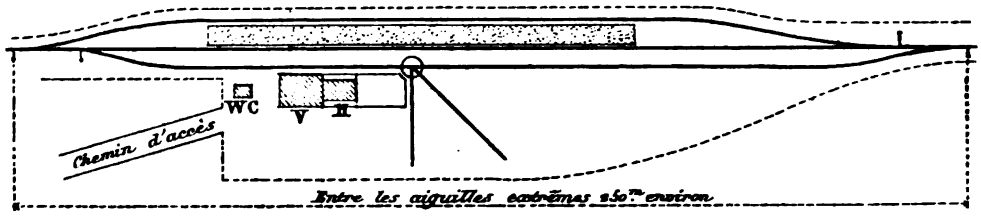


Fig. 681. — Type de station de la ligne d'Anvin à Calais.

celles de Hermes à Beaumont, des dispositions de stations qui permettent d'assurer le service dans de très bonnes conditions et qui diffèrent notablement des précédentes. Elles sont représentées par les figures 681 et 682.

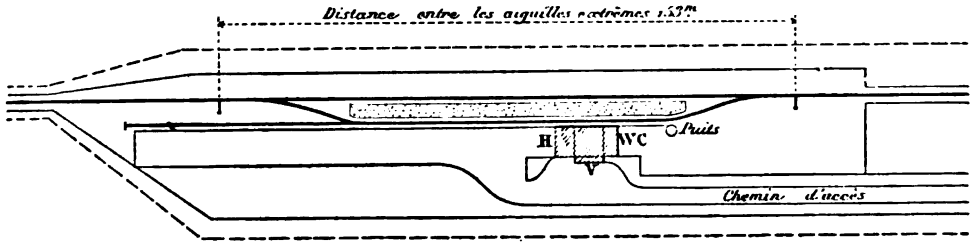


Fig. 682. — Station de la ligne de Hermes à Beaumont. (Fresnoy-Morangle.) — Échelle 1/2000.

Elles ont pour caractère commun d'accoler la halle à marchandises au bâtiment des voyageurs et de séparer ce bâtiment des voies principales par une voie de manœuvre que parcourent les machines et les wagons pendant le stationnement des trains ; elles permettent l'emploi à peu près exclusif de la machine pour les manœuvres et n'exigent pas un temps notablement plus long que les dispositions représentées par les figures 679 et 680.

La réunion de la halle et du bâtiment des voyageurs réalise une concentration des services qui est très favorable à une exploitation économique. On remarquera que chacune de ces stations ne possède qu'un seul trottoir placé entre les deux voies ; cette solution ne présente pas d'inconvénient, attendu que l'abri est supprimé. En outre, sur la ligne de Hermes à Beaumont, aucune station ne possède de plaque tournante, le matériel de grande et de petite vitesse n'étant jamais tourné.

Les stations des tramways de la Sarthe et de Loir-et-Cher ont été étudiées en vue d'un mode spécial d'exploitation, dans lequel toutes les manœuvres ou manutentions dans les gares doivent être faites au passage par les agents des trains; ces stations sont donc établies d'après un type spécial approprié à ce service.

Nous représentons (fig. 683 et 684) les dispositions adoptées dans les deux cas qui peuvent se présenter, suivant qu'il s'agit d'une station de passage ou d'une station de croisement.

Les stations de passage comprennent (fig. 683) :

1° Une voie d'évitement parallèle à la voie principale, reliée avec elle par aiguille à chaque extrémité et servant à la manœuvre des wagons de mar-

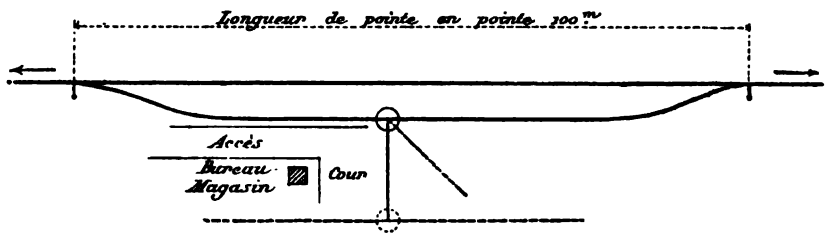


Fig. 683. — Tramways du Loir-et-Cher. — Type de station de passage.

chandises ; cette voie a une longueur de 110 mètres de pointe en pointe des aiguilles ;

2° Une plaque tournante placée au milieu de la voie d'évitement ;

3° Une voie transversale de 15 mètres de longueur environ, servant au stationnement des wagons en chargement ou en déchargement ;

4° S'il y a lieu, un chemin d'accès et une cour empierrée ;

5° A défaut d'auberge à proximité de la station, un petit bureau-magasin en fer et briques de 2 mètres sur 2 mètres, avec auvent en saillie de 0,70 m. sur l'un des côtés. Ce bureau est portatif et du modèle adopté pour les guérites de la voie à la compagnie de l'Ouest.

Il n'existe pas de trottoirs ; l'entrevoie sert de quai à voyageurs. Cette disposition n'a aucun inconvénient, attendu que le marchepied des voitures est à une hauteur suffisamment réduite pour être très facilement accessible.

Les installations ci-dessus, qui réduisent la dépense d'établissement de la gare au minimum indispensable, permettent un service satisfaisant pour les marchandises et les voyageurs, à la condition, bien entendu, que les wagons à marchandises soit placés, comme cela a toujours lieu, en tête des trains ; de cette manière, les manœuvres de la machine se font pendant que les voyageurs montent et descendent.

Ces dispositions peuvent d'ailleurs être complétées, si le trafic l'exige,

par l'adjonction des voies et de la plaque représentées en pointillé sur la figure 683.

Les stations du type ci-dessus peuvent à la rigueur permettre le croisement de deux trains, puisqu'elles ont une voie d'évitement de 100 mètres environ et que la longueur des trains est limitée par le cahier des charges à un maximum de 60 mètres; toutefois, celles qui sont normalement destinées aux croisements sont établies d'après un type plus complet, que représente la figure 684.

Ce type comporte une voie de croisement, reliée à la voie principale par

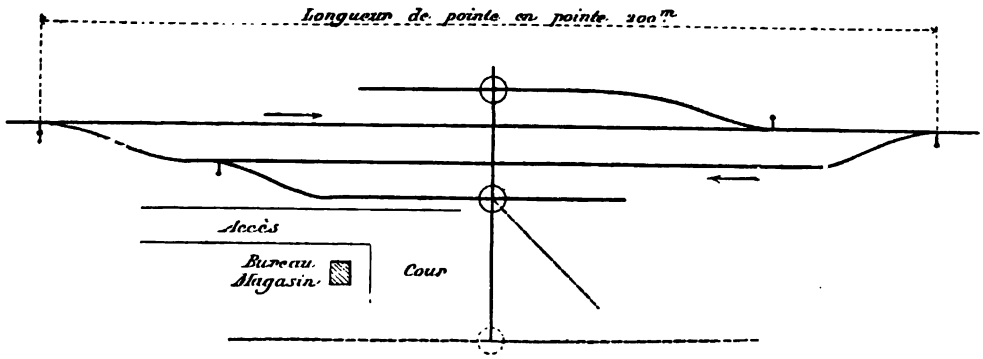


Fig. 684. — Tramways de Loir-et-Cher. — Type de station de croisement.

deux aiguilles dont les pointes sont distantes de 200 mètres; sur chacune de ces deux voies est branchée une voie de manœuvre, reliée à la voie transversale par des plaques tournantes.

Cette disposition permet de faire les manœuvres et de laisser descendre ou monter les voyageurs pendant que les deux trains sont en gare.

Les installations très sommaires de ces stations répondent fort bien au programme qui a présidé à l'établissement économique de petits chemins de fer sur routes, destinés à un faible trafic, et l'expérience a démontré que ces installations sont suffisantes pour assurer convenablement le service. Toutefois, en ce qui concerne les voyageurs, elles nous paraissent véritablement trop restreintes, et de nature à satisfaire médiocrement le public, obligé d'attendre les trains en restant exposé aux intempéries, lorsqu'il ne veut pas faire usage de la maison du correspondant. Comme le fait remarquer Mr. Sampité[1], celui-ci est généralement un marchand de vins très voisin de la station, qui met gratuitement une salle à la disposition des voyageurs, avec l'espoir, le plus souvent réalisé, que ceux-ci l'indemniseront largement de ce bon office par les consommations qu'ils y prendront; or, cette situation peut fort bien n'être pas du goût de tout le monde.

[1] *Les Chemins de fer à faible trafic en France.*

Nous pensons qu'il eût été bien facile de donner aux voyageurs un petit abri suffisant dans la plupart des cas, *sans augmenter d'une manière appréciable la dépense d'installation du chemin.* En effet, sur les premières lignes concédées dans le département de Loir-et-Cher, par exemple, il existe vingt et une stations qui sont pourvues du petit bureau-magasin en fer et briques, dont le prix de revient est de 800 francs ; il n'est pas douteux que pour 2500 francs on aurait pu établir dans chacune de ces stations un petit abri, comprenant à la fois le bureau et un espace réservé aux voyageurs. Il serait résulté de là une dépense supplémentaire de

$$1700 \times 21 = 35\,700 \text{ francs},$$

qui, répartie sur les 110 kilomètres de longueur que comprend le réseau, aurait donné une augmentation de 325 francs par kilomètre.

Cette dépense est tellement faible qu'elle eût pu être comprise dans les obligations du concessionnaire, sans changer le prix forfaitaire d'établissement des lignes, lequel est de 40 000 francs.

D'ailleurs, dans diverses localités desservies par des tramways de cette nature, on a demandé, depuis l'ouverture des lignes, la construction de petits abris pour les voyageurs ; le concessionnaire y a consenti, à la condition que le département et la commune prennent chacun à leur charge un tiers de la dépense, qui peut être évaluée à 1 200 ou 1 500 francs en moyenne.

Sour réserve de cette adjonction, les types de stations des tramways établis par M. Faliès nous paraissent très satisfaisants et de nature à être adoptés dans bien des cas, en vue d'une exploitation très économique des lignes à voie étroite.

Batiments. — Nous n'avons que peu de chose à ajouter à ce que nous avons dit (t. II, p. 39 et suivantes) au sujet des bâtiments destinés au service des voyageurs. Il faut que ces bâtiments, tout en étant capables de desservir la population qui doit les utiliser, soient établis sur des bases modestes, en réservant la possibilité de les agrandir ultérieurement, si l'accroissement du trafic en montre la nécessité.

Les types de petites stations dont nous avons fait connaître les dispositions (fig. 336 et suivantes) permettront, en général, de répondre aux nécessités de l'exploitation des lignes à voie étroite. Il est rare, en effet, que l'on ait à établir sur ces lignes des stations de moyenne importance ou des gares principales, les villes qui nécessitent ces installations étant généralement desservies déjà par des lignes à voie normale.

Il ne faut pas perdre de vue, d'ailleurs, que ce n'est pas dans les bâtiments des stations qu'on doit rechercher les principales économies à réaliser

dans l'établissement des chemins à voie étroite ; c'est plutôt dans l'installation des voies et leurs accessoires, dont la dépense est toujours bien plus élevée que celle des bâtiments. On peut, en effet, en supprimant 500 mètres de voie, réaliser une économie de 8 000 à 10 000 francs, qu'il serait bien difficile d'obtenir par des réductions dans les installations directement destinées au public.

En ce qui concerne le service des marchandises, on peut recommander un type de halle, emprunté en partie au chemin de fer de Hermes à

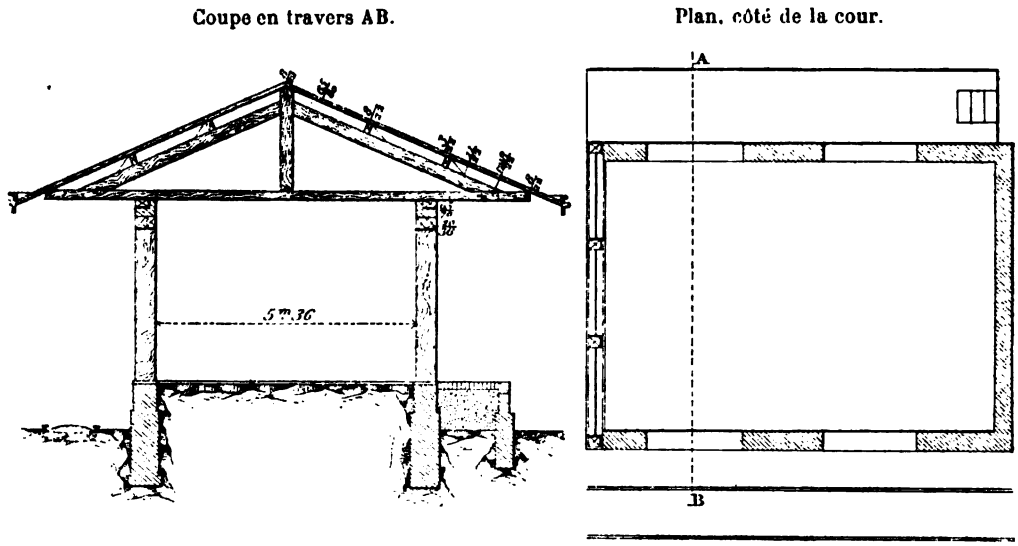


Fig. 685. — Halle à marchandises. — Échelle de 0m,0075 par mètre.

Beaumont et à celui d'Anvin à Calais, et qui a été adopté sur les lignes de la Corse. Ce type, représenté par la figure 685, a une largeur réduite de 5 mètres à 5,50 m., généralement suffisante pour le trafic et permettant d'employer pour sa construction des bois courants du commerce ; il est, par suite, très économique. Cette réduction de largeur a aussi des avantages au point de vue de l'exploitation ; sauf dans des circonstances spéciales exigeant une grande largeur de quai, il est toujours préférable, pour une même surface, d'augmenter la dimension parallèle aux voix, afin d'avoir le plus grand nombre possible de wagons chargés ou déchargés à la fois et de réduire la dimension perpendiculaire, qui correspond au sens dans lequel se font les transports à bras.

Les portes métalliques en tôle ondulée, analogues à celles qu'on emploie pour les devantures des magasins à Paris et dans les grandes villes, tiennent peu de place, sont faciles à manœuvrer et ne coûtent pas très cher ; elles sont donc à recommander.

Alimentation des machines. — La plupart des lignes à voie étroite sont desservies par des locomotives dont la caisse à eau ne contient guère plus de 3 à 4 mètres cubes ; mais comme les trains y sont plus légers et la consommation plus faible que sur les lignes à voie large, il en résulte que les prises d'eau n'ont pas besoin d'y être plus rapprochées, en général, que sur ces dernières.

Par exemple, sur la ligne de Hermes à Beaumont, dont la longueur est de 32 kilomètres, et où les déclivités de 15 à 20 millimètres occupent plus de la moitié du parcours, les machines peuvent faire la ligne entière sans prendre d'eau avec un tender dont la capacité est de 3 mètres cubes. Sur la ligne d'Anvin à Calais, dont la longueur est de 94 kilomètres, avec des déclivités de 10 à 15 millimètres sur 43 p. 100 du parcours, il existe six alimentations.

En général, on peut admettre une distance de 20 kilomètres entre les prises d'eau, sauf à examiner, dans chaque cas particulier, d'après la capacité des tenders, le profil de la ligne, la charge et la vitesse des trains, s'il y a lieu de modifier plus ou moins ce chiffre.

En tout cas, comme la quantité d'eau à prendre dans une station n'est jamais bien considérable, l'alimentation peut être assurée au moyen d'appareils dont la dépense d'installation est beaucoup plus faible que celle de la machine à vapeur ; on peut citer, par exemple, les *pulsomètres*, les *éjecteurs* et les *pompes*, actionnés directement par la vapeur des locomotives, pendant la durée de leur stationnement.

Sur les lignes d'intérêt local du Pas-de-Calais et de l'Aisne (à voie normale) l'alimentation se fait exclusivement au moyen du pulsomètre de *Hall*[1]. C'est un appareil fort simple, dans lequel de la vapeur, prise directement à la locomotive au moyen d'un tuyau qu'on peut visser sur la chaudière, agit alternativement par condensation et par pression ; par condensation de la vapeur, l'appareil aspire jusqu'à lui l'eau d'un puits creusé dans la station ; puis, quand cette eau est introduite dans le pulsomètre, la vapeur agit par pression pour la refouler dans un tuyau d'élévation, qui la conduit soit dans un réservoir établi à une certaine hauteur, soit directement dans la caisse à eau des locomotives. Les pulsomètres ont l'inconvénient d'avoir un assez mauvais rendement, c'est-à-dire de consommer une grande quantité de vapeur, eu égard à la quantité d'eau qu'ils élèvent ; mais comme leur dépense de premier établissement est très faible (2 500 francs en moyenne avec le puits), la dépense qui résulte de leur fonctionnement ne saurait être mise en balance avec l'économie considérable qu'ils procurent par rapport à l'installation d'une machine fixe avec ses accessoires. C'est donc un appareil qui est à recommander sur les petites lignes, où la consommation d'eau est toujours

[1] Voy. la description du pulsomètre dans la *Revue générale* d'août 1878 et son emploi pour l'alimentation des chemins de fer secondaires dans le numéro de juillet 1883.

faible. Il est d'ailleurs très employé en France, notamment sur la ligne d'Anvin à Calais, sur les tramways de Loir-et-Cher, etc.

Le tableau ci-dessous donne les débits, pour différentes hauteurs d'aspiration, d'un pulsomètre de Hall, n° 4, installé dans un puits pour le remplissage d'un réservoir :

HAUTEUR TOTALE D'ÉLÉVATION	10 m.	15 m.	20 m.	25 m.	30 m.	35 m.	40 m.
Hauteur d'aspiration, depuis la crépine jusqu au pulsomètre	4 m.	4 m.	4 m.	3,50 m	3,50 m	3 m.	3 m.
Hauteur de refoulement, depuis le pulsomètre jusqu'au col de cygne du tuyau de refoulement	6 m.	11 m.	16 m.	21 m.	26 m.	32 m.	37 m.
Pression de la vapeur en kilogrammes par centimètre carré	1 à 3	3 à 4	3 1/2 à 4 1/2	4 à 5	4 1/2 à 5 1/2	5 à 6	6
Débit par heure en litres	19 200	15 500	13 200	12 000	11 000	9 600	8 400

L'éjecteur à culotte, installé à toutes les prises d'eau des chemins de fer du Médoc (à voie normale) fonctionne d'après le même principe que l'injecteur Giffard. Cet appareil, installé à peu près dans les mêmes conditions que le pulsomètre, emprunte comme lui la vapeur à la locomotive ; il a les mêmes avantages et les mêmes inconvénients.

Les éjecteurs de *Friedmann*, n°s 5 et 6, peuvent débiter à l'heure, avec une pression de 7 atmosphères, 50 et 70 mètres cubes, jusqu'à une hauteur de refoulement de 12 mètres ; jusqu'à 35 mètres de hauteur, ils débitent 35 et 50 mètres cubes. La pression ne baisse que très peu pendant le remplissage du tender.

Les éjecteurs de Friedmann sont employés avec succès en Autriche, par la Sudbahn.

Sur la ligne de Hermes à Beaumont, on se sert de la pompe universelle de Daulton (*Revue générale des Chemins de fer*, novembre 1884). Cet appareil, qui se compose d'un moteur et d'une pompe à double effet, est actionné par la vapeur de la locomotive ; il peut fonctionner avec une pression très basse, jusqu'à 1/2 atmosphère, ce qui permet d'employer la locomotive à la fin de son voyage, sans avoir besoin de la maintenir en pression. Sur la ligne de Hermes à Beaumont où elle est en service, elle donne de très bons résultats et permet d'alimenter un tender de 3 mètres cubes en trente minutes au moyen d'une dépense insignifiante de vapeur.

Une pompe de ce système, capable de débiter 13 600 litres à l'heure, en consommant deux chevaux de force, coûte 640 francs.

§ 3. — SIGNAUX. — DÉPENSES DE LA SUPERSTRUCTURE

Signaux. — Des chemins de fer à voie étroite étant généralement destinés à être parcourus par des trains à faible vitesse et peu nombreux, nous pensons que les signaux fixes peuvent y être, dans la plupart des cas, supprimés et que la nécessité de la circulation y sera suffisamment assurée par l'emploi de signaux à la main semblables à ceux qui sont en usage sur les grandes lignes. C'est de cette manière que sont exploités notamment les tramways de la Sarthe et de Loir-et-Cher et l'expérience n'a pas révélé que cette manière de faire pût avoir des inconvénients pour des lignes desservies par 3 ou 4 trains par jour, dans chaque sens.

Cependant, comme il peut arriver que certaines lignes à voie étroite aient une circulation plus importante exigeant l'emploi de signaux, il ne sera pas inutile de faire connaître de quelle manière on peut simplifier, pour les adapter à ces petites lignes, les règles usitées sur les chemins de fer à voie normale. Nous résumons ci-dessous les dispositions arrêtées dans ce but par la commission des chemins de fer de la Corse.

Distance des disques au point à couvrir. — Lorsque la ligne sera en palier ou en pente de moins de 5 millimètres, il suffira que le signal d'arrêt soit placé à 300 mètres environ du point à couvrir.

Lorsque la ligne présentera une pente comprise entre 5 et 15 millimètres, le signal d'arrêt pourra être placé à 400 mètres de l'obstacle.

Enfin, lorsque le profil de la ligne présentera une pente supérieure à 15 millimètres, il suffira de porter la distance à 500 mètres environ.

Ces distances sont bien suffisantes avec des trains relativement légers et peu rapides, surtout si, comme cela est indispensable, tout le matériel à voyageurs est muni du frein continu, le matériel à marchandises portant simplement des tuyaux de communication qui permettent l'action de ce frein sur une partie importante du train.

Dans le cas où il s'agit de couvrir un obstacle accidentel situé sur la voie, en un point où il n'existe pas de signaux fixes, les distances fixées ci-dessus doivent être augmentées de 200 mètres, longueur équivalente à la distance à laquelle les mécaniciens peuvent, en général, apercevoir un signal fixe.

Toutefois, pour éviter des erreurs de la part des agents qui, arrêtés en pleine voie, peuvent ignorer sur quelle déclivité ils se trouvent, il vaut mieux fixer, pour les signaux à la main, un chiffre unique, en majorant de 200 mètres la plus grande distance indiquée ci-dessus. Par conséquent, lorsqu'on devra poser des pétards, un drapeau ou une lanterne sur la voie, il

faudra le faire à 700 mètres de l'obstacle, et cela dans les deux directions, puisqu'il s'agit de lignes à voie unique.

Poteaux-limites de protection des disques. — Ces poteaux auront le même but que sur les lignes à voie normale et devront être, par conséquent, placés à une distance du disque égal à celle qui a été indiquée plus haut, suivant le profil de la ligne.

De cette manière, si un train ayant trouvé un disque à l'arrêt a dû s'arrêter avant d'arriver à la station, le conducteur d'arrière, pour savoir si le train est dûment couvert par le disque, devra s'assurer que le dernier wagon a dépassé le poteau-limite.

Toutes les fois qu'il n'en sera pas ainsi, le train devra être considéré comme en pleine voie et couvert à l'arrière à la distance réglementaire de 700 mètres.

Distance des disques aux stations. — Dans les stations où il y a dédoublement de la voie principale, un train qui manœuvre doit dégager complètement l'aiguille de dédoublement en empruntant la voie principale ; en admettant pour ce train une longueur maxima de 200 mètres, il faudra donc, pour que ce train soit couvert pendant ses manœuvres, que le poteau-limite soit à 200 mètres au moins de l'aiguille de dédoublement et, par suite, que le disque avancé soit à 500, 600 ou 700 mètres de cette aiguille, suivant la déclivité.

Cloches électriques. — L'installation de sonneries à cloches aux stations et aux passages à niveau pourra rendre des services, lorsque le tracé de la ligne sera très accidenté.

Calage des aiguilles. — Dans les petites stations où le personnel est très restreint et souvent réduit à un seul agent, il y a intérêt à éviter que cet agent soit obligé d'aller, au moment de l'arrivée d'un train qui doit prendre une aiguille en pointe, vérifier si cette aiguille est bien faite ; on peut recommander dans ce but l'emploi des chevilles cadenassées, qui servent à caler le contrepoids du levier de manœuvre.

Quelque temps après le passage de chaque train, une visite de l'appareil doit être faite, pour s'assurer que la lame est bien appliquée contre le rail.

Indicateur d'aiguille. — Des signaux indicateurs d'aiguilles, semblables à ceux qui sont prescrits par le Code des signaux, peuvent être employés pour augmenter les garanties de sécurité.

Nous le répétons en terminant, les différents signaux énumérés ci-dessus

nous paraissent pouvoir être supprimés dans la plupart des cas sur les petites lignes à voie étroite ; c'est là une économie qui n'est pas négligeable et qui pourra souvent être réalisée sans inconvénient, en raison du peu d'activité de la circulation et de la faible vitesse des trains.

De même, sur certaines lignes de tramways, on a pu se dispenser, sans qu'il en résulte d'inconvénient sérieux, de réunir les stations par une communication télégraphique ; mais dans le cas où on jugera nécessaire d'établir une communication entre les stations, il ne faudra pas hésiter à employer le téléphone, beaucoup plus commode et d'un usage plus pratique que le télégraphe.

Dépense de la superstructure. — Nous avons évalué à 18 000 francs le prix du kilomètre de voie ballastée avec un rail de 18 kilogrammes au mètre courant et nous avons ajouté que, sur les tramways, l'adoption d'un rail de 15 kilogrammes permet de réduire cette dépense à 16 000 francs environ.

Pour avoir la dépense totale de la superstructure, il suffit d'ajouter à ces chiffres 15 000 francs par kilomètre environ dans le premier cas et 4 000 francs dans le second, représentant les frais d'établissement des stations et accessoires.

On arrive ainsi à un total de :

30 000 francs pour les lignes à travers champs ;

20 000 francs pour les tramways.

CHAPITRE IV

MATÉRIEL ROULANT ET TRACTION

RÉSUMÉ DES DÉPENSES D'ÉTABLISSEMENT DES LIGNES A VOIE ÉTROITE

§ 1er. — Matériel roulant. — Considérations générales. Écartement des essieux. Conicité des bandages. Maximum de charge par essieu. Tamponnement et traction. Freins. — Matériel à voyageurs. Matériel articulé. Matériel rigide. — Matériel à marchandises.

§ 2. — Traction. — Résistance des trains et charge des machines. — Types de locomotives. Machine des chemins de fer corses. Machine des tramways de Loir-et-Cher.

§ 3. — Résumé des dépenses d'établissement d'un chemin de fer à voie étroite.

§ 1er. — MATÉRIEL ROULANT

Considérations générales. — Les conditions dans lesquelles doit être établi le matériel destiné à circuler sur les lignes à voie de 1 mètre dérivent, d'une part, de la largeur de la voie, d'autre part, du tracé des lignes en plan et en profil et, enfin, du système adopté pour leur exploitation.

Avec une largeur de voie de 1 mètre, il est difficile de donner plus de 2,50 m. à 2,60 m. de largeur aux voitures, toutes saillies comprises, sans exagérer le porte-à-faux des deux côtés de la voie. La longueur doit également être réduite, si l'on adopte le matériel rigide, afin de pouvoir diminuer l'écartement des essieux et permettre ainsi au matériel de passer dans des courbes à faible rayon. Quant à la disposition intérieure des voitures, elle peut varier, suivant que l'exploitation de la ligne doit être faite soit par des trains-tramways ou des trains légers, soit par des trains ordinaires ou mixtes.

Il existe, dans tous les cas, plusieurs conditions générales applicables à tout le matériel; il y a lieu de les indiquer tout d'abord.

Écartement des essieux. — L'adoption d'une courbe limite de 100 mètres de rayon en pleine voie permet de donner au matériel rigide porté sur deux essieux un empattement total de 3 mètres.

En effet, d'après ce que nous avons vu (t. II, p. 211), le jeu à réserver, perpendiculairement à l'essieu, entre les boîtes à graissage et les plaques de

garde du matériel rigide, peut être représenté approximativement par la formule pratique :

$$\varepsilon = \frac{Dd}{4R},$$

dans laquelle

ε désigne le jeu des boîtes de part et d'autre de leur position moyenne ;
D l'écartement des essieux ;
R le rayon minimum de la courbe ;
d la largeur de la voie d'axe en axe.

Si l'on fait

$$d = 3 \text{ mètres},$$
$$R = 100 \text{ mètres},$$
$$e = 1{,}05 \text{ m. (la tête du rail étant supposée de 0,05 m. de largeur)},$$

on trouve

$$\varepsilon = \frac{3 \times 1{,}05}{400} = 0{,}0079 \text{ m},$$

soit un jeu de 8 millimètres environ de chaque côté des boîtes à graissage.

Ce jeu est parfaitement admissible et ne nuira en rien à la stabilité du matériel.

Si l'écartement des essieux était réduit à 2,50 m., le jeu nécessaire pour permettre leur convergence au centre de la courbe de 100 mètres serait seulement de 0,0065 m. ; avec 1,80 m. d'écartement (cote adoptée pour le matériel des tramways de Loir-et-Cher), il suffirait d'un jeu de 0,0047 m.

Conicité des bandages. — Ainsi que nous l'avons établi en parlant de l'inclinaison du rail, il y a lieu d'adopter, pour la conicité des bandages, soit le chiffre de 1/20 généralement admis pour le matériel des grandes voies, soit plutôt celui de 1/17, qui a été employé avec succès en Allemagne.

Maximum de charge par essieu. — La charge par essieu dépend essentiellement de la force du rail adopté ; avec les types de rails étudiés pour les chemins de fer de la Corse, qui pèsent 21 et 23 kilogrammes au mètre courant, la charge peut aller sans inconvénient à 8 tonnes et cette limite permet d'établir des locomotives ayant une puissance de traction et une adhérence suffisantes, et des wagons pouvant contenir 10 tonnes de charge utile.

Avec le rail de 18 kilogrammes, la charge par essieu doit être limitée à 6 tonnes ; avec le rail de 15 kilogrammes on ne peut guère dépasser 4 tonnes et demie à 5 tonnes.

Tamponnement et traction. — Le système le plus simple et le meilleur pour la transmission des efforts d'un véhicule à l'autre est celui du tampon-

nement unique, central, à la condition que la traction soit continue et rigide et que le tampon de choc soit élastique, de manière que l'effort de traction ne puisse ni diminuer, ni, à plus forte raison, supprimer la pression des tampons l'un sur l'autre ; la séparation des tampons produirait en effet, dans le train, une instabilité désagréable, qu'il est nécessaire d'éviter.

La forme du tampon peut être une section de cylindre de grand diamètre

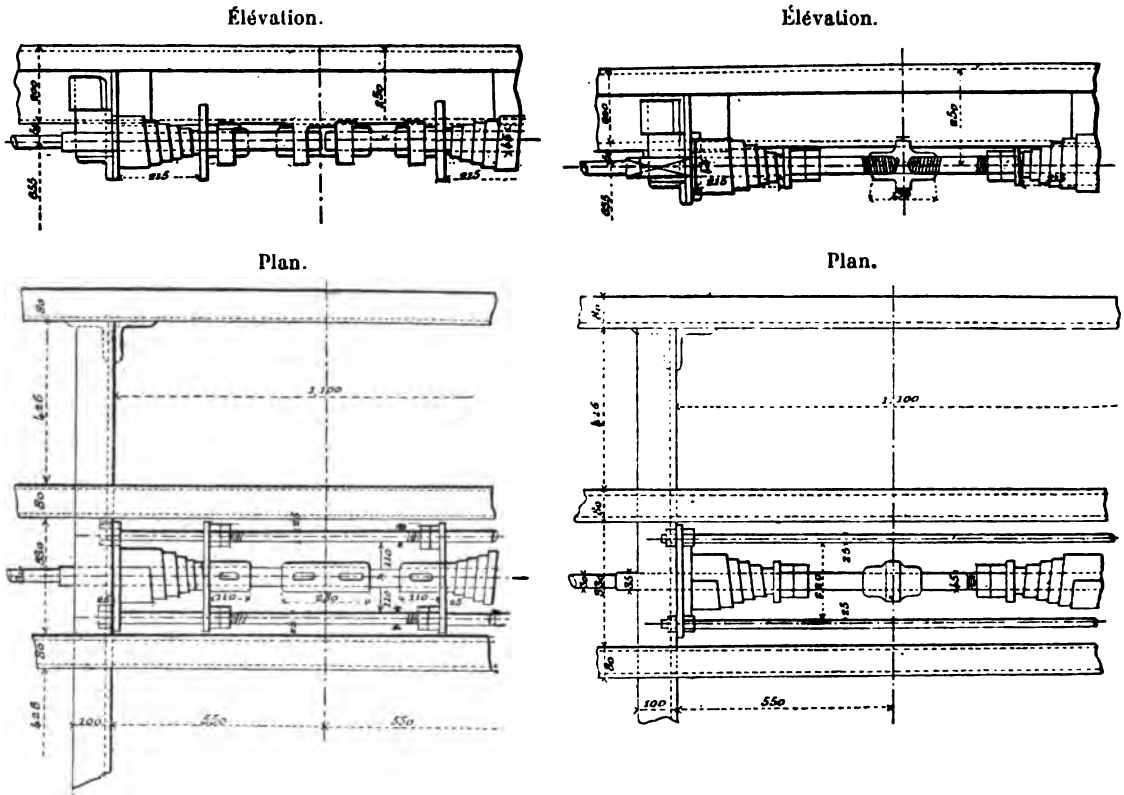


Fig. 686. — Traction continue à 2 ressorts avec manchon claveté.

Fig. 687. — Traction continue a 2 ressorts avec manchon fileté.

à génératrices verticales, de manière que les deux tampons restent toujours en contact au passage dans les courbes, quel que soit leur rayon.

Dans ce système, chaque voiture est entraînée par la barre de traction unique, à laquelle elle est reliée par des ressorts en spirale, en même temps que sa position par rapport aux voitures voisines est maintenue par le serrage des tampons. Les ressorts d'attache en spirale peuvent être simples ou doubles, suivant le poids des véhicules et les barres de traction sont en deux parties, avec manchons clavetés ou filetés (fig. 686 et 687).

Cette disposition, dans laquelle les chaînes de sûreté sont conservées, présente les plus grands avantages au point de vue des facilités d'accrochage et d'accès de la partie centrale de l'attelage, que la présence de deux tam-

pons (comme dans le matériel des grandes voies) rendait très difficiles dans un matériel où l'axe de traction est placé très bas (à 0,80 m. environ de hauteur). Elle a, en outre, ce résultat précieux de soustraire le corps de la voiture, caisse et châssis, à l'action directe de l'effort de traction ; celui-ci ne s'exerce que sur la barre d'attelage, dont les différents tronçons rigides sont rendus solidaires et forment presque une barre continue, grâce au serrage des tampons, maintenus l'un contre l'autre par les tendeurs à vis. Il en résulte que la caisse et le châssis de la voiture sont à l'abri des variations brusques de l'effort de traction ; les chocs, les arrêts ne se font sentir sur elle qu'après avoir été atténués par l'élasticité des ressorts en spirale. Cette disposition est donc éminemment favorable à la conservation du matériel.

Le système de tamponnement central à traction continue et rigide a d'ailleurs reçu la sanction de l'expérience ; il est employé presque généralement, avec diverses modifications de détails, sur toutes les lignes à voie étroite de France, de Suisse, de Suède, d'Angleterre, du Pérou, du Brésil, des Indes et de l'Amérique du Nord ; aux États-Unis, tout le matériel de grande et de petite voie en est muni. Il augmente beaucoup la souplesse des trains et facilite leur passage dans les courbes ; il diminue en même temps les résistances en marche, ainsi que l'usure des bandages et de la voie.

A tous les points de vue, ce système doit donc être recommandé pour le matériel des lignes à voie étroite ; il est fort probable, d'ailleurs, que si le matériel des grandes lignes était aujourd'hui à refaire, c'est cette disposition qui serait adoptée pour les attelages.

Freins. — L'emploi du frein continu est, suivant nous, indispensable sur tout le matériel à voyageurs des lignes à voie étroite.

Sur les lignes à profil accidenté, cela ne peut pas faire de doute ; le frein continu, combiné avec l'action de la contre-vapeur, fournira sur ces lignes un puissant moyen d'arrêt et de modération de la vitesse sur les pentes, et contribuera à augmenter la sécurité. Sur les lignes établies en pays de plaine, le frein continu n'est pas moins nécessaire, mais pour une autre raison ; c'est qu'il permet de diminuer le personnel du train, d'où économie très appréciable dans l'exploitation.

La nécessité du frein continu se fait de même sentir sur les tramways, dont la vitesse de marche est cependant réduite, puisqu'elle ne doit pas dépasser 20 kilomètres à l'heure dans toutes les parties qui empruntent les routes et chemins ; l'emploi de ce frein permet, là aussi, la réduction du personnel qui, avec les freins ordinaires, doit être de quatre agents par train, savoir : un mécanicien et un chauffeur, un conducteur chef, chargé de la délivrance des billets et de tout ce qui concerne le transport des bagages, messageries, marchandises, un garde-frein chargé de la manœuvre des freins

ordinaires. Nul doute que l'emploi des freins continus ne permette la suppression de ce dernier agent. L'adoption du frein continu est d'ailleurs aujourd'hui générale sur la plupart des lignes de cette nature.

Quel que soit le système adopté, toutes les voitures à voyageurs devront recevoir un appareil de serrage actionné par le mécanicien ; les wagons à marchandises pourront n'avoir que des conduites et des tuyaux de raccordement, sans appareils de serrage, de manière à pouvoir être accouplés avec les voitures à voyageurs, sans interrompre l'action du frein continu.

Matériel a voyageurs. — Les voitures à voyageurs employées sur les lignes à voie étroite se rattachent, comme celles des lignes à voie normale, à deux types principaux : le type américain à bogies et le type à essieux parallèles ou rigide. Le premier, universellement employé aux États-Unis sur les voies larges et étroites, est également adopté aux Indes et au Brésil sur les lignes à voie étroite. Le second est plus généralement employé en France. Cependant des voitures à bogies sont également en service sur un certain nombre de lignes à voie étroite, notamment sur la ligne d'Anvin à Calais, qui les a employées la première, sur la ligne de Nantes à Legé, etc.

Les voitures du type américain de la ligne d'Anvin à Calais portées sur deux bogies contiennent cinquante-cinq places et pèsent 8 tonnes : ces voitures sont à couloir central, avec deux places de chaque côté du couloir et disposent de deux larges plates-formes à l'avant et à l'arrière. Elles ont été étudiées par M. Banderali, sur la demande de M. E. Level, directeur de la société concessionnaire de cette ligne. Ces voitures ont une grande stabilité ; elles passent facilement dans les courbes raides et leur roulement est très doux ; dès les premiers temps le public a manifesté une préférence très marquée pour elles et il n'entrait dans les compartiments ordinaires que lorsque les voitures à bogies étaient remplies.

L'expérience a été tellement satisfaisante, que la société des chemins de fer économiques a décidé d'armer exclusivement en matériel américain, avec compartiments de 1re et 2e classe, les autres lignes dont elle a obtenu la concession.

Ce matériel semble donc convenir particulièrement bien au transport des voyageurs sur les lignes à voie de 1 mètre. La longueur des voitures ne saurait d'ailleurs être un obstacle à son adoption ; car une seule d'entre elles, aménagée en deux ou trois classes, peut suffire dans bien des cas sur les lignes à faible trafic.

D'ailleurs, si l'emploi exclusif de ce matériel paraissait devoir présenter des inconvénients, soit par suite de la faible fréquentation des lignes, soit en cas de voitures à ajouter par suite d'insuffisance de place, on pourrait le

combiner avec celui de voitures du type ordinaire, portées sur deux essieux rigides, avec ou sans couloir intérieur et présentant une faible longueur et, par suite, un faible poids.

Nous décrirons donc quelques types de voitures de ces différents genres, en les empruntant, soit aux articles déjà cités de MM. Sartiaux et Bandérali, soit aux documents qui ont servi à l'établissement des tramways de la Sarthe, de Loir-et-Cher, de Beaune à Arnay-le-Duc, etc.

Matériel articulé. — Nous représentons (fig. 688 à 690) un type de voiture mixte à compartiments séparés de trois classes et (fig. 691 à 693) un type de voiture à couloir et à plate-forme. La largeur totale ne dépasse pas 2,50 m. et la hauteur dans l'axe est de 3 mètres.

La première voiture contient six places de 1re classe, onze places de 2e classe et vingt-sept places de 3e classe, en tout quarante-quatre places; deux compartiments de 3e classe, de huit places, peuvent être complètement isolés.

Les principaux éléments du châssis sont les suivants :

Écartement d'axe en axe des bogies	5,400 m.
— des essieux des bogies	1,400 —
Longueur du châssis de caisse	9,420 —
Hauteur des appareils de choc au-dessus du rail	0,805 —
— de la traction au-dessus du rail	0,655 —
Diamètre des roues	0,700 —
Longueur des ressorts	1,200 —

Les bogies sont à deux essieux. Leurs châssis sont en fer ; ils ont 2,90 m. de longueur et sont entretoisés de manière à résister au poids de la caisse. Les essieux sont montés de roues à rayons en fer forgé, de 0,70 m. au roulement; ils ont 0,110 m. de diamètre au corps ; les fusées ont 0,080 m. de diamètre et 0,150 m. de longueur.

Le châssis de caisse est tout en fer, avec traction centrale et tampon central. Il se compose essentiellement de deux longerons formés de deux fers en I de 0,20 m. de hauteur, de deux traverses extrêmes en ⊐ et de six traverses intermédiaires. Ce châssis, fortement entretoisé, est complété par quatre fers en U de 80/40 mm. disposés en losange à l'intérieur du grand rectangle que forment les longerons et les traverses extrêmes; ce rectangle est rendu invariable à ses sommets par des tôles triangulaires rivées sous les ailes inférieures des fers.

La deuxième voiture (fig. 691 à 693) est à couloir central avec plates-formes aux deux extrémités; c'est un type analogue à celui de la ligne d'Anvin à Calais. Il comprend seize places de 1re classe et vingt de 2e classe, en tout trente-six places, plus un compartiment à bagages avec niches à chiens,

VOITURE MIXTE DE 1re, 2e ET 3e CLASSE (44 PLACES)

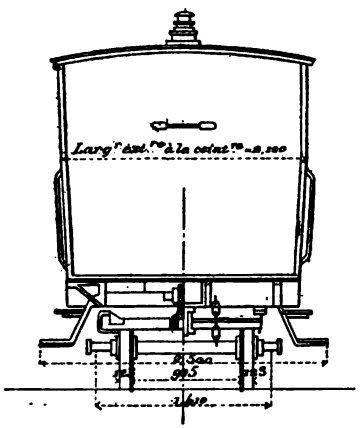


Fig. 688. — Vue par bout.

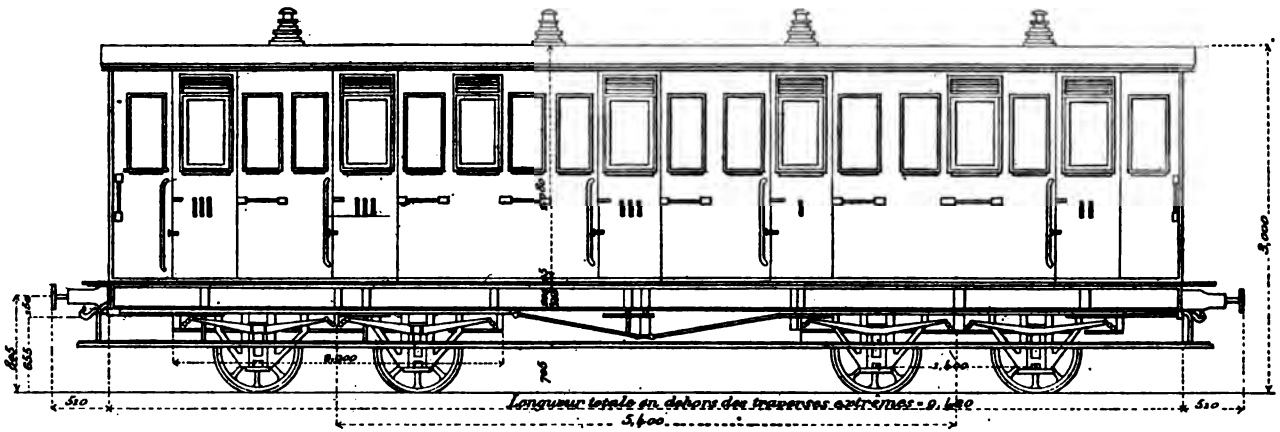


Fig. 689. — Élévation.

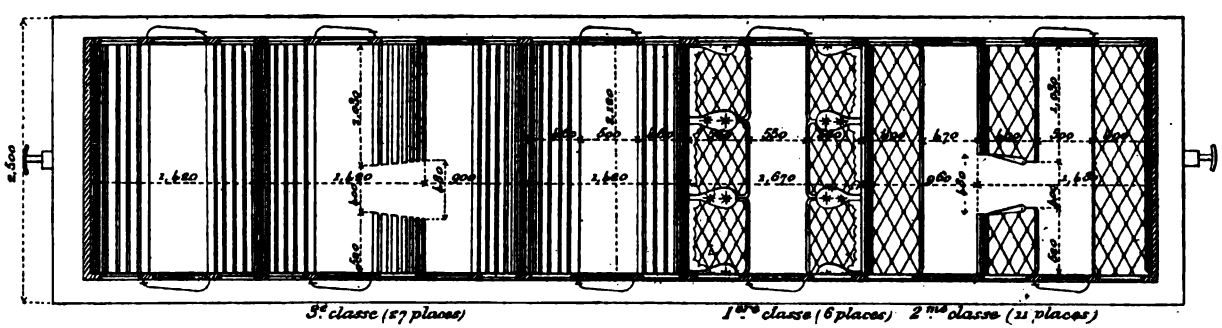


Fig. 690. — Plan.

VOITURE MIXTE DE 2e ET 3e CLASSE (36 PLACES) AVEC COMPARTIMENTS POUR LES BAGAGES ET LA POSTE

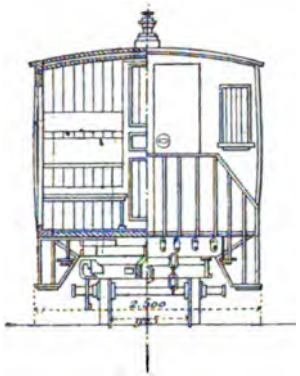


Fig. 691. — Vue par bout.

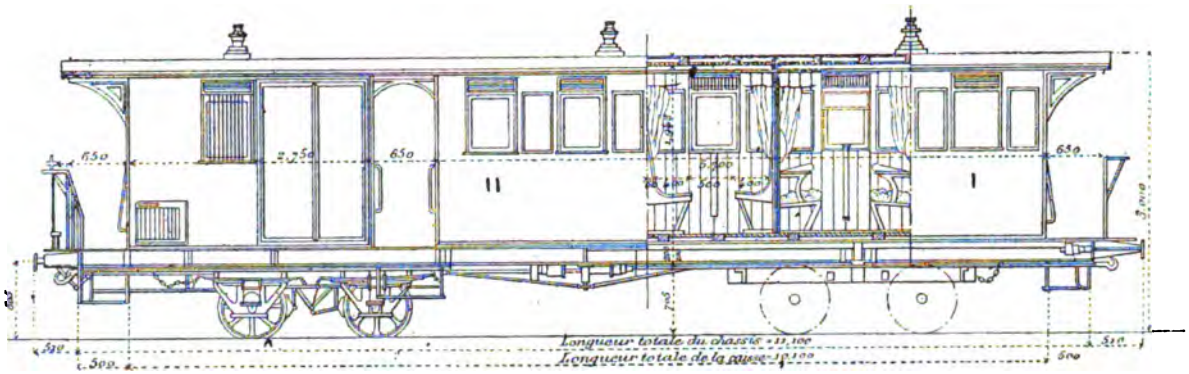
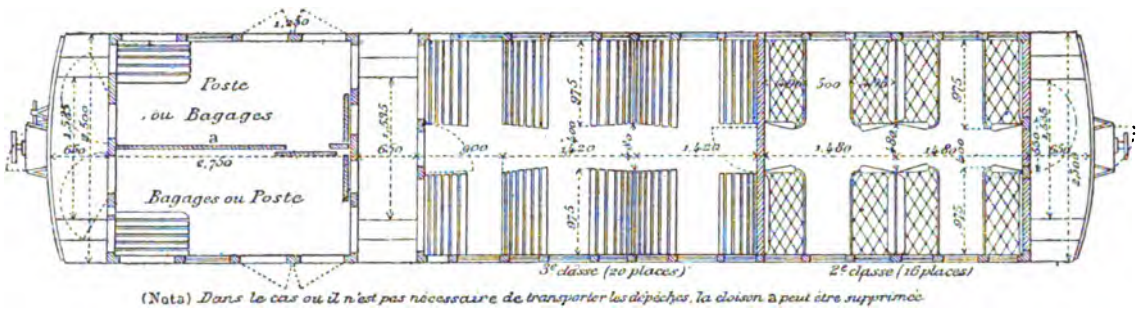


Fig. 692. — Élévation.



(Nota) Dans le cas où il n'est pas nécessaire de transporter les dépêches, la cloison a peut être supprimée.

Fig. 693. — Plan.

et un compartiment pour la poste. Chaque partie de la voiture a un accès facile et indépendant, soit par les plates-formes extrêmes, soit par le couloir central ; des portes roulantes ou battantes établissent les communications nécessaires.

Le type de voiture de 3e classe à cinquante-cinq places ne diffère du précédent que par la suppression des compartiments réservés aux bagages et à la poste ; le couloir central règne sur toute la longueur de la voiture.

Matériel rigide. — Il existe en France des nombreux exemples de matériel à essieux fixes sur les lignes à voie étroite. Nous citerons, par exemple, les lignes de Hermes à Beaumont, d'Anvin à Calais, du Cambrésis, d'Indre-et-Loire, les tramways de la Sarthe et de Loir-et-Cher, etc. Sur les unes le matériel, à compartiments séparés, n'est en quelque sorte qu'une reproduction, à une échelle plus petite, du matériel des grandes lignes ; sur d'autres, la caisse est à couloir central.

Nous représentons (fig. 694 et 695) les dispositions communes qui peuvent être adoptées pour le châssis, lorsqu'on admet un écartement d'essieux de 3 mètres.

Les principaux éléments de ce châssis sont les suivants :

Écartement des essieux	3 m.
Longueur totale du châssis	6 —
Hauteur des appareils de choc au-dessus du rail	0,805 m.
Hauteur de la traction au-dessus du rail	0,655 —
Diamètre des roues	0,700 —
Longueur des ressorts	1,500 —

Le châssis est en fer, avec traction continue centrale et tampon central. Il se compose de deux longerons formés de deux fers en U de 0,20 m. de hauteur. Ces deux longerons sont entretoisés à leurs extrémités par des traverses, également formées de fers en U, et par des tôles transversales supportant les ressorts en spirale, qui forment le point d'attache de la voiture avec la barre de traction continue. Ces deux tôles sont réunies par des boulons, placés de chaque côté de la tige de traction pour les entretoiser.

Le châssis est complété par deux petits fers en U renversé, disposés sur toute la longueur et espacés de 0,410 m. d'axe en axe.

Les dimensions des essieux sont celles qui ont déjà été indiquées pour le matériel articulé.

Quant aux dispositions de la caisse, elles sont représentées par les figures 696 et 697, qui reproduisent un type de voiture mixte de 1re et 2e classe à compartiments isolés, contenant vingt-deux places.

Le châssis n'a que 5,50 m. de longueur; la caisse a 1,95 m. de hauteur à l'intérieur et 2,10 m. à l'extérieur, ce qui permet l'établissement d'un double toit, nécessaire dans les pays chauds. Le compartiment de 1re classe, contenant six places, a 1,92 m. de largeur entre les cloisons; ceux de 2e classe ont 1,70 m.

Une voiture de 3e classe d'un type analogue pourrait être établie sur un

CHASSIS DE VOITURE AVEC TRACTION CENTRALE

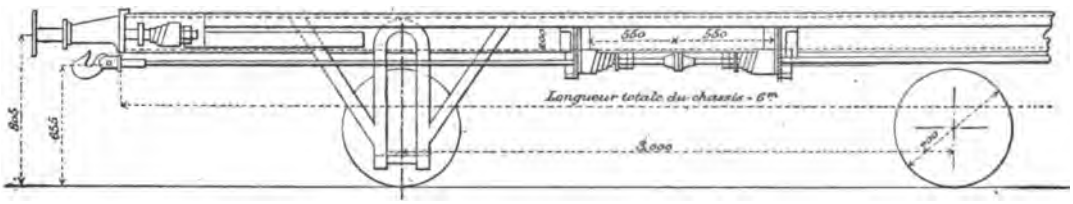


Fig. 694. — Coupe longitudinale.

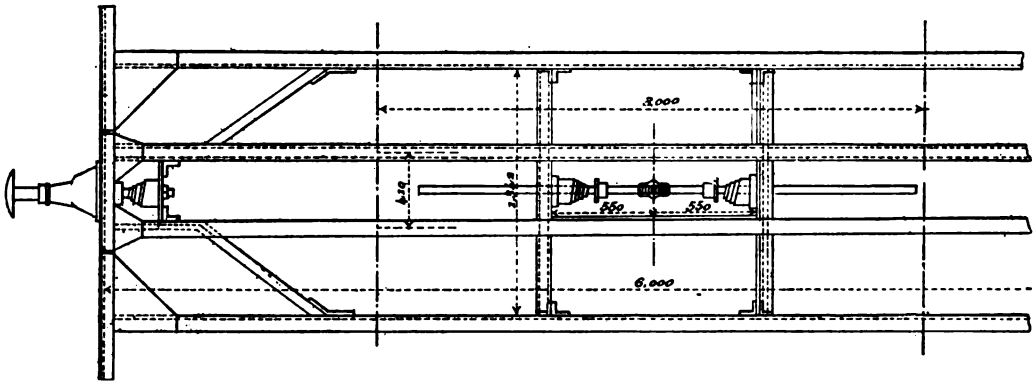


Fig. 695. — Plan.

châssis de 6 mètres de longueur, avec quatre compartiments de 1,455 m. chacun et trente-deux places en tout.

Les voitures de ce type pèsent de 5 500 à 5 800 kilogrammes. Le fourgon à bagages, de 6 mètres de longueur de châssis, peut peser 6 000 kilogrammes.

Sur les lignes de tramways, on peut sans inconvénient adopter un matériel un peu plus réduit. Celui des tramways de Loir-et-Cher, qui est à couloir central, présente une largeur de 2 mètres, toutes saillies comprises, et une hauteur au-dessus du rail qui ne dépasse pas 3 mètres.

La figure 698 représente le plan d'un châssis de fourgon à bagages. C'est, à peu de chose près, le châssis des voitures à voyageurs.

Les éléments principaux sont résumés ci-dessous :

Écartement des essieux	1,800 m.
Longueur totale du châssis	5 m. pour les fourgons. 5,50 m. pour les voitures.
Hauteur des appareils de choc au-dessus du rail	0,65 m.
Hauteur de la traction au-dessus du rail	0,49 —
Diamètre des roues	0,67 —
Longueur des ressorts	0,80 m. pour les fourgons. 1,30 — pour les voitures.

VOITURE MIXTE DE 1re ET 2e CLASSE (22 PLACES)

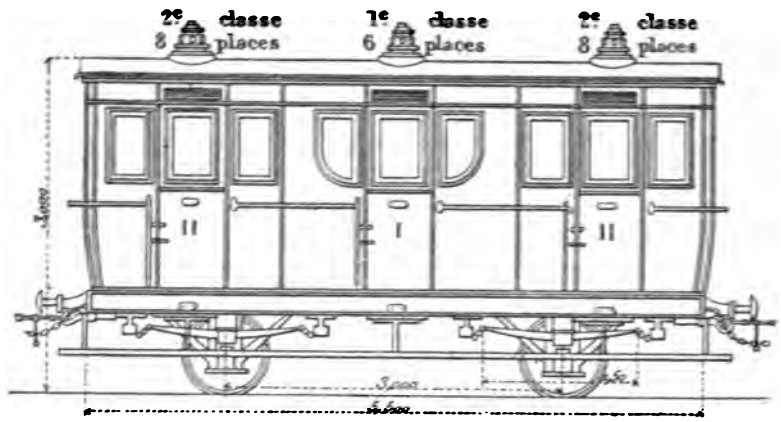


Fig. 696. — Élévation.

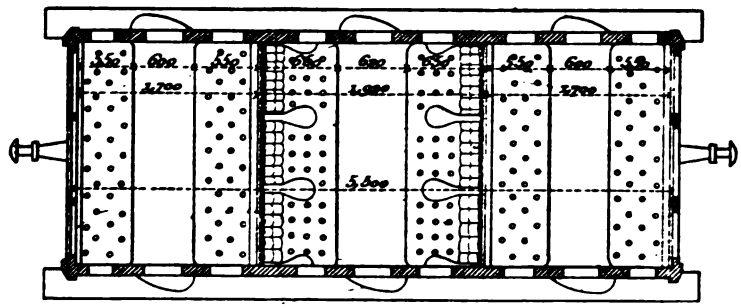


Fig. 697. — Plan.

La figure 699 représente l'élévation d'une voiture mixte de première et deuxième classe, contenant seize places à l'intérieur. Sa longueur totale, hors tampons, est de 6,30 m. ; elle comporte deux plates-formes extérieures de 0,75 m. de longueur sur toute la largeur de la voiture. La hauteur intérieure, dans l'axe, est de 2,09 m. ; la largeur de 1,68 m. Les banquettes sont disposées dans le sens longitudinal ; elles ont 3,76 m. de longueur et 0,485 m. de largeur et laissent entre elles un couloir central de 0,71 m., qui permet la cir-

culation d'un bout à l'autre du train. Les deux compartiments sont séparés par une porte roulante.

Le poids des véhicules de ce type varie de 3 200 à 3 350 kilogrammes. Le chargement des fourgons peut atteindre 6 tonnes.

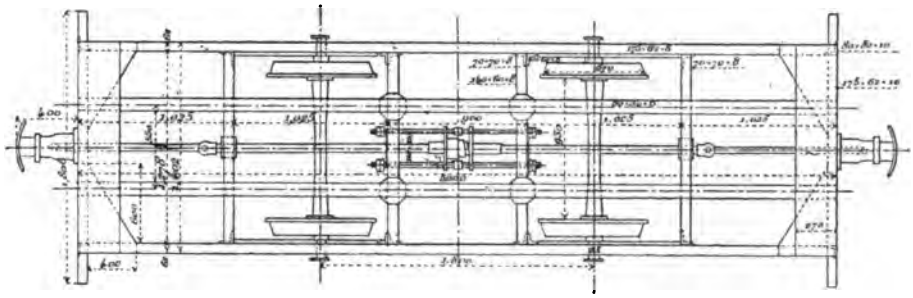


Fig. 698. — Fourgon à bagages. (Tramways de Loir-et-Cher.) — Plan du châssis 1/50e.

Le choix à faire entre les voitures à compartiments séparés et les voitures à couloir central dépend évidemment des besoins de l'exploitation. Nous

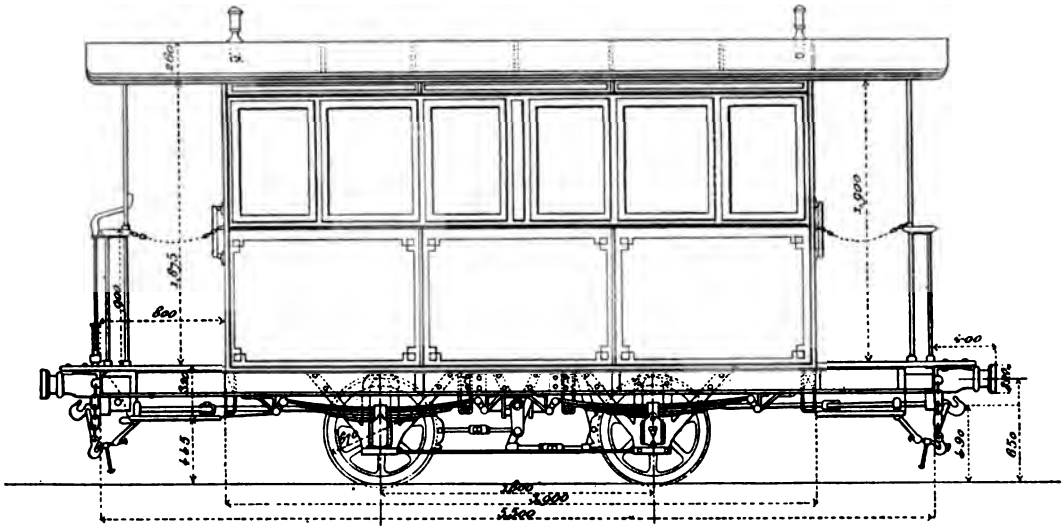


Fig. 699. — Voiture mixte de 1re et 2e classes. (Tramways de Loir-et-Cher.) — Élévation 1/50e.

croyons toutefois qu'en général, sur les petites lignes à faible trafic et à parcours peu étendu, le type à couloir central est préférable. Il est en tout cas indispensable sur les tramways, où la distribution des billets se fait en cours de route. Les voitures à plates-formes sont d'ailleurs très appréciées du public, surtout pendant la belle saison.

Matériel a marchandises. — L'établissement des wagons à marchandises ne présente pas les mêmes difficultés que celui des voitures à voyageurs.

Les types à adopter sont au nombre de trois, comme sur les grandes lignes : wagon plate-forme, wagon tombereau et wagon couvert. Les figures 700, 701 et 702 représentent les types des chemins de fer corses.

Le châssis a 5,50 m. de longueur ; il est semblable à celui des voitures à voyageurs. Les ressorts ont 1 mètre de longueur ; l'écartement des essieux

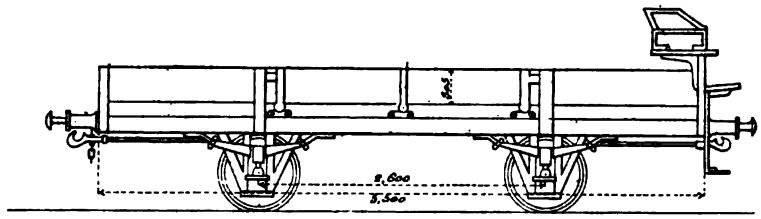


Fig. 700. — Wagon plate-forme (10 tonnes).

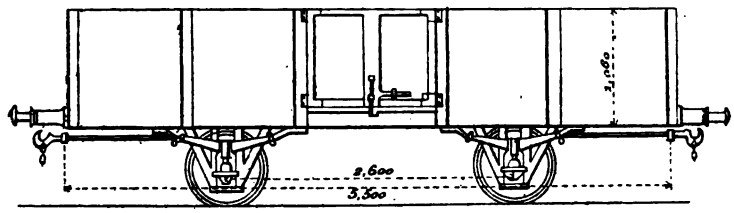


Fig. 701. — Wagon-tombereau (10 tonnes).

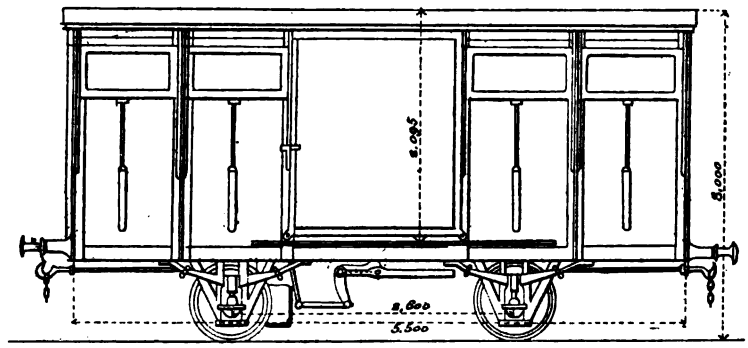


Fig. 702. — Wagon fermé à marchandises (10 tonnes).

est de 2,60 m. ; les roues sont à rayons en fer forgé et ont 0,70 m. de diamètre. Les essieux ont 0,110 m. de diamètre au corps ; leurs fusées ont 0,08 m. de diamètre et 0,15 m. de longueur. Le chargement est de 10 tonnes. Le poids est de 3 100 kilogrammes pour le wagon plat, de 4 300 pour le tombereau et de 5 000 kilogrammes pour le wagon fermé.

Le matériel des tramways de Loir-et-Cher comporte également trois types de wagons à marchandises, dont les conditions d'établissement sont résumées ci-dessous :

	WAGON		
	plat.	tombereau.	couvert.
Longueur totale des châssis	4,50 m.	4,50 m.	5,00 m.
Longueur hors tampons	5,30 —	5,30 —	5,80 —
Ecartement des essieux	1,80 —	1,80 —	1,80 —
Longueur des ressorts	0,80 —	0,80 —	0,80 —
Diamètre des roues	0,67 —	0,67 —	0,67 —
Essieux { Diamètre au corps	0,075 —	0,075 —	0,075 —
Essieux { Diamètre des fusées	0,065 —	0,065 —	0,065 —
Essieux { Longueur des fusées	0,130 —	0,130 —	0,130 —
Poids des wagons	2 600 kg.	2 880 kg.	3 540 kg.
Chargement	5 000	5 000 —	5 000

Sur les tramways de la Vendée, exploités par le réseau de l'État, les wagons à marchandises pèsent de 4 tonnes à 5,700 t. ; leur écartement d'essieux est de 2,50 m. et ils peuvent porter uniformément un chargement de 10 tonnes. Leur châssis est en acier ; ils sont tous munis du frein à vide automatique Clayton.

§ 2. — TRACTION

Résistance des trains et charge des machines. — Le problème de la traction des trains sur les lignes à voie étroite se pose dans les mêmes conditions théoriques que sur les lignes à voie normale ; il s'agit de connaître, d'une part, la résistance que les trains opposent au roulement, d'autre part, l'effort de traction que peut fournir la locomotive. Tout ce que nous avons dit à propos de ces deux questions s'applique donc aux lignes à voie étroite comme aux autres, à la condition de modifier d'une manière convenable les coefficients numériques établis spécialement en vue du matériel à voie normale.

Il n'existe pas, à notre connaissance, d'expériences sur la résistance des trains des lignes à voie étroite qui soient assez complètes pour qu'on puisse en déduire des formules ayant quelque autorité pour la détermination de cette résistance. Toutefois, d'après M. Bricka, on peut admettre, en alignement droit, les mêmes chiffres que sur les lignes à voie normale, si les surfaces de front des véhicules et si les rapports du diamètre des fusées au diamètre des roues sont à peu près les mêmes.

Parmi les formules qui paraissent pouvoir, avec les moindres chances d'erreur, convenir au matériel des lignes à voie d'un mètre, on peut citer celles qui ont été établies à la suite des expériences de M. Desdouits et qui s'appliquent à un train formé d'un nombre quelconque de voitures ou wagons couverts, d'un poids moyen de 10 tonnes et d'une section de 6 mètres carrés environ.

Rappelons que ces formules sont les suivantes :

Jusqu'à 60 kilomètres environ $R = 1.50 + 0,0007\ V^2$
Au delà de 60 — $R = 1.50 + 0,04\ V$

La vitesse des trains sur les lignes à voie étroite étant habituellement inférieure à 60 kilomètres, c'est la première formule qui s'applique.

En ce qui concerne les machines de la voie normale, M. Desdouits a établi les deux formules suivantes, qui donnent la résistance en kilogrammes par tonne de la machine et du tender :

$$R = 1 \text{ kg.} + 0.17\ V$$

pour les machines des trains de voyageurs,

$$R = 3 \text{ kg.} + 0,17\ V$$

pour les machines à marchandises.

La machine des lignes à voie étroite ayant toujours des roues d'un faible diamètre, c'est cette dernière formule qui conviendra le mieux.

La résistance due aux déclivités est de 1 kilogramme par tonne et par millimètre de rampe ou de pente ; elle s'ajoute dans le premier cas et se retranche dans le second.

Quant à la résistance en courbes, elle s'exprime comme nous l'avons vu pour les lignes à voie d'un mètre par la formule

$$\frac{500}{\rho}$$

ρ étant le rayon de la courbe.

Il résulte de ce qui précède que la résistance totale d'un train, sur une ligne à voie d'un mètre, pourra s'exprimer de la manière suivante, en faisant la somme des résistances des wagons, et de la machine, et en y ajoutant celles qui résultent des déclivités et des courbes.

$$R = P\,(1,50 + 0,0007\ V^2) + P'\,(3 + 0,17\ V) + (P + P')\left(\pm\, i + \frac{500}{\rho}\right)$$

R est la résistance en kilogrammes ;
P, le poids des wagons ;
P', celui de la machine et du tender ;
V, la vitesse en kilomètres à l'heure ;
i, la déclivité en millimètres ;
ρ, le rayon des courbes.

Comme nous l'avons d'ailleurs déjà fait remarquer, les courbes de 80, 125, 150 et 250 mètres de rayon peuvent être considérées comme à peu près équivalentes, au point de vue de la résistance, à des rampes de 6, 4, 3 et

2 millimètres. Au delà de 400 mètres de rayon, la résistance n'est pas sensiblement plus grande qu'en alignement droit.

La déterminatien des résistances et de la charge que les machines de petite voie peuvent remorquer à différentes vitesses sur des profils donnés a fait l'objet d'une étude spéciale de la part de la commission des chemins de fer de la Corse[1].

Cette commission, chargée de déterminer le type des locomotives à adopter sur le réseau corse, a en effet procédé au calcul des charges que ces machines pourraient remorquer dans les différents cas ; elle s'est servie pour cela des formules employées depuis 1863 par la compagnie P.-L.-M.

Nous croyons devoir résumer ci-dessous le calcul qu'elle a présenté, d'après M. Marié, alors ingénieur en chef de la traction de cette compagnie. C'est, en effet, un exemple intéressant de la détermination, par le calcul, des charges remorquées dans des conditions données.

Nommons F l'effort de traction de la machine mesuré tangentiellement aux roues motrices ;

R, la résistance propre de son mécanisme ;

P, le poids de la machine ;

Q, la charge remorquée, non compris le poids de la machine ;

i, la déclivité en millimètres par mètre, ou la résistance due à la gravité ;

s, la résistance due aux courbes, en kilogrammes par tonne de train, machine et tender compris ;

r, la résistance à la traction sur niveau et en ligne droite, en kilogrammes par tonne de train, machine et tender compris.

En retranchant de F la résistance R du mécanisme de la machine, on obtient l'effort disponible pour remorquer le poids Q + P du train et de la machine.

La résistance opposée par le poids Q + P est

$$(Q + P)(i + s + r) ;$$

on a donc

$$F - R = (Q + P)(i + s + r),$$

d'où

$$Q = \frac{F - R}{i + s + r} - P \qquad (1)$$

Cette formule est mathématiquement exacte. Si donc on pouvait connaître avec certitude la valeur des divers éléments qui la composent, elle permettrait de déterminer exactement la charge remorquée.

Mais ces différents éléments ne peuvent être obtenus que d'une manière

[1] *Annales des Ponts et Chaussées*, 1er semestre 1884.

approximative, sauf la résistance due aux déclivités, qui s'évalue toujours de la même manière, 1 kilogramme par chaque millimètre de pente.

Voici les formules admises par M. Marié.

Résistance du mécanisme, R. — La résistance du mécanisme peut être considérée comme proportionnelle au poids adhérent. A la compagnie P.-L.-M., l'expérience a conduit à l'emploi de la formule :

$$R = 0{,}015\ P',$$

P′ étant le poids adhérent.

Résistance due à la déclivité, *i*. — Cette résistance est égale à

$$i \text{ kg. par tonne du poids total } (Q + P)$$

Résistance due aux courbes, *s*. — Elle dépend du rayon ρ de la courbe et de la longueur du train ou du nombre n des véhicules.

A la compagnie P.-L.-M. on admet la formule suivante, qui est vérifiée par l'expérience et donne assez exactement la valeur de s en fonction de ρ et de n :

$$s = \frac{1\,125 + 25\,n}{2\,\rho}.$$

Dans cette formule, s est exprimé en kilogrammes par tonne du poids total $(Q + P)$.

On réunit habituellement la valeur de s à celle de i, pour donner par un seul nombre la résistance due, en chaque point, à la déclivité et à la courbe.

Résistance due à la vitesse, *r*. — On a admis la formule empirique suivante pour représenter les résistances dues à l'air, aux frottements des fusées sur les coussinets, au roulement des bandages sur les rails, aux chocs, etc., en fonction de la vitesse v, exprimée en kilomètres à l'heure ;

$$r = 1{,}5 + 0{,}1 \times v.$$

Dans cette formule, r est exprimé en kilogrammes par tonne du poids total.

R, i, s et r étant déterminés par les formules précédentes, Q pourra être déterminé par la formule (1) lorsqu'on connaîtra l'effort de traction F, variable à chaque instant avec la vitesse.

Voici comment on a calculé l'effort de traction, d'après la quantité d'eau vaporisée.

Vaporisation d'eau par heure. — Nous avons déjà vu (t. II, p. 376) que la quantité d'eau vaporisée par heure, V, dépend de la surface de grille et de la surface de chauffe, et que la formule établie par M. Marié pour la représenter, en kilogrammes, est

$$V = 368 \sqrt{cg},$$

dans laquelle

c représente la surface de chauffe totale, en mètres carrés ;

g la surface de grille, en mètres carrés[1].

Vitesse de marche à pleine admission. — Si l'on désigne par u la vitesse de la machine, en kilomètres à l'heure, en supposant que, par une distribution spéciale, on ait pleine admission pendant toute la course du piston, le nombre des tours de roues par heure, à la vitesse u, sera

$$\frac{\overline{10}^3 \times u}{\pi D},$$

en appelant D le diamètre des roues motrices (en mètres).

Si, d'autre part, on appelle :

d le diamètre des cylindres ;

l la course des pistons ;

λ l'espace nuisible à chaque bout des cylindres, exprimé en longueur de course ;

δ le poids du mètre cube de vapeur à la pression qu'elle a dans les cylindres, le poids de vapeur dépensé par heure est égal à

$$\frac{\overline{10}^3 \times u}{\pi D} \times 4 \pi \frac{d^2}{4} (l + \lambda) \delta,$$

ou, en faisant les réductions,

$$\frac{\overline{10}^3 u d^2 (l + \lambda) \delta}{D}.$$

Cette expression représente également le poids d'eau vaporisé à l'heure, V, puisque la machine est supposée marchant à pleine admission ; on a donc

$$V = \frac{\overline{10}^3 u d^2 (l + \lambda) \delta}{D},$$

d'où l'on tire

$$u = \frac{VD}{\overline{10}^3 d^2 (l + \lambda) \delta}.$$

[1] Aujourd'hui on emploierait plutôt la formule $460 \sqrt{cg}$, qui résulte des expériences de M. Nadal.

Effort de traction à une vitesse donnée. — Soit v la vitesse réelle de marche de la machine, en kilomètres à l'heure, pour une admission réduite. Le travail de l'effort de traction, à mesurer tangentiellement à la circonférence des roues motrices, est égal au travail moteur du piston dû à l'action de la vapeur, diminué du travail résistant dû à la pression atmosphérique derrière le piston.

Or, pendant un tour des roues motrices, on a :

1° Travail moteur de l'effort tangentiel :

$$F\,\pi D,$$

2° Travail moteur du piston pour une admission de vapeur égale à x :

$$4\,\frac{\pi d^2}{4} \times \overline{10}^4\, px\left(1 + 2{,}303 \log. \frac{l}{x}\right)^1$$

p désignant la pression absolue de la vapeur dans la chaudière, c'est-à-dire la pression effective indiquée par le timbre, augmentée de la pression atmosphérique, exprimée en kilogrammes par centimètre carré.

3° Travail résistant dû à la pression atmosphérique p' :

$$4\,\frac{\pi d^2}{4} \times \overline{10}^4\, p'l.$$

On a donc

$$FD = \overline{10}^4\, p\, d^2 x\left(1 + 2{,}303 \log. \frac{l}{x} - \frac{p'l}{px}\right),$$

d'où l'on tire

$$F = \frac{\overline{10}^4\, p\, d^2 x}{D}\left(1 + 2{,}303 \log. \frac{l}{x} - \frac{p'l}{px}\right).$$

Or, la quantité de vapeur admise dans les cylindres pendant un tour de roue est inversement proportionnelle au nombre de tours par heure ou aux vitesses u et v ; on a donc

$$\frac{l}{x} = \frac{v}{u},$$

d'où

$$x = \frac{u}{v} \times l.$$

D'ailleurs, pour tenir compte des pertes diverses, condensations, compressions, etc., on doit multiplier F par un coefficient de réduction ; à la compagnie P.-L.-M., on admet que ce coefficient est égal à 0,70, de sorte que l'expression de F devient, en remplaçant x par sa valeur :

$$F = 0{,}70 \times \frac{\overline{10}^4\, p\, d^2 l}{D}\left[\frac{u}{v}\left(1 = 2{,}303 \log. \frac{v}{u}\right) - \frac{p'}{p}\right].$$

[1] Le premier terme représente le travail de l'admission directe, le second celui de la détente. Le coefficient 10^4 est introduit pour tenir compte des unités au moyen desquelles sont exprimées les diverses quantités.

Dans cette expression tous les facteurs sont connus; on peut donc déterminer numériquement F en chaque point du parcours de la machine, pour une vitesse donnée v.

Dès lors, la formule (1) permet de déterminer la charge Q que la machine peut remorquer d'après le travail de la vapeur et eu égard aux dimensions de son mécanisme.

Limite de charge résultant de l'adhérence. — On doit, bien entendu, tenir compte de la limite imposée par l'adhérence et n'admettre pour les charges pratiques que des valeurs inférieures ou au plus égales à cette limite.

Si on désigne par P′ le poids adhérent et par f le coefficient d'adhérence, on a évidemment :

$$(\text{Lim. } Q + P)(i + s + r) = fP',$$

d'où l'on tire, pour la limite de Q imposée par l'adhérence :

$$\text{Lim. } Q = \frac{fP'}{i + s + r} - P. \qquad (2)$$

En résumé, les valeurs de Q seront données, en général, par la formule (1) et, lorsque ces valeurs seront supérieures à celles de (lim. Q) résultant de la formule (2), il faudra prendre ces dernières pour la charge à remorquer.

Remarque. — Les résultats donnés par ces formules ne sont qu'approximatifs. M. Ledoux, ingénieur en chef des mines, a proposé pour le calcul des charges des formules différentes, plus exactes, mais un peu plus compliquées, dont le détail se trouve inséré aux *Annales des Ponts et Chaussées* (1er semestre 1884). Les charges trouvées par les deux méthodes, en ce qui concerne les machines corses, sont presque identiques.

Types de locomotives. — Le choix d'un type de locomotive dépend nécessairement du profil et du tracé de la ligne, du mode d'exploitation adopté et du trafic à desservir.

En ce qui concerne les voies étroites, on peut classer les machines en trois catégories, suivant la nature des trains qu'elles ont à remorquer; les machines *fortes*, pesant de 18 à 24 tonnes à vide, capables de faire le service des trains mixtes et de remorquer des poids de 75 à 100 tonnes sur des rampes ne dépassant pas 25 millimètres; les machines *moyennes* du poids de 12 à 18 tonnes, destinées à des trains plus légers; les machines *faibles*, pesant de 8 à 12 tonnes, pour le service des tramways ou des trains-tramways.

Nous citerons, comme types de machines rentrant assez bien dans les deux catégories extrêmes : 1° la machine des chemins de fer corses (machine

forte) ; 2° celle des tramways de la Sarthe et de Loir-et-Cher (machine faible).

Machine corse. — Ce type de machine a été étudié de manière à répondre aux besoins du trafic sur un réseau relativement important, c'est-à-dire à pouvoir atteindre 40 kilomètres à l'heure sur des profils favorables et avec des charges faibles et, sur des déclivités de 25 millimètres et même exceptionnellement 30 millimètres, remorquer encore des charges suffisantes à une vitesse réduite. En outre, tout en présentant la puissance et l'adhérence nécessaires, la machine devait avoir assez de souplesse pour passer dans des courbes de 100 mètres de rayon en pleine voie.

Cette machine, représentée par les figures 703 à 706, est une machine-tender à trois essieux accouplés, avec train de Bissel à l'arrière.

La charge sur les roues accouplées est de 8 tonnes par essieu en ordre de marche ; la surface de chauffe totale est de 58 mètres carrés ; le timbre de la chaudière est de 10 kilogrammes.

Les roues accouplées ont un diamètre de 1 mètre au roulement, ce qui permet de faire prendre à la locomotive, sans fatigue pour son mécanisme et sans exagération dans la consommation de vapeur, une vitesse assez grande, lorsque les nécessités du service l'exigent. L'empattement rigide est de 2,17 m. ; l'empattement total, de 4,17 m.

Les approvisionnements d'eau sont de 4 000 litres. La charge du Bissel, sur lequel porte une partie du poids du foyer, est de 4 500 kilogrammes en ordre de marche. Le poids total de la machine vide est de 21,700 t. : pleine et munie de tous ses approvisionnements, elle pèse 28,500 t. Son poids adhérent varie de 20 à 24 tonnes.

Bissel. — Le Bissel se compose, comme on le sait, d'un train articulé à un seul essieu, dont le châssis est en forme de triangle rigide.

Le sommet de ce triangle est l'axe d'une cheville ouvrière *i* (fig. 705), autour de laquelle le Bissel peut osciller avec une faible amplitude. L'arrière de la machine repose sur le châssis du Bissel par une double traverse *t* (fig. 704 et 706), placée à l'aplomb de l'essieu. Cette traverse est munie d'un pivot *o*, qui lui est fixé, et autour duquel peut tourner un balancier horizontal *b*, indépendant, terminé par des palettes *p*, à plans inclinés ; ces palettes sont engagées entre les plaques d'appui de la traverse *t* du châssis de la machine et les plans inclinés de la traverse *t' t'* du châssis du Bissel. Cette disposition a le même objet que les plans inclinés que l'on place au-dessus des boîtes des essieux pour leur permettre un déplacement longitudinal ; seulement, dans le cas actuel, les plans inclinés doivent suivre le mouvement de rotation du Bissel ; grâce au pivot *o*, ils ne prennent toutefois que des glissements parallèles à l'essieu.

LOCOMOTIVE-TENDER A 3 ESSIEUX ACCOUPLÉS ET ARRIÈRE-TRAIN MOBILE SYSTÈME BISSEL

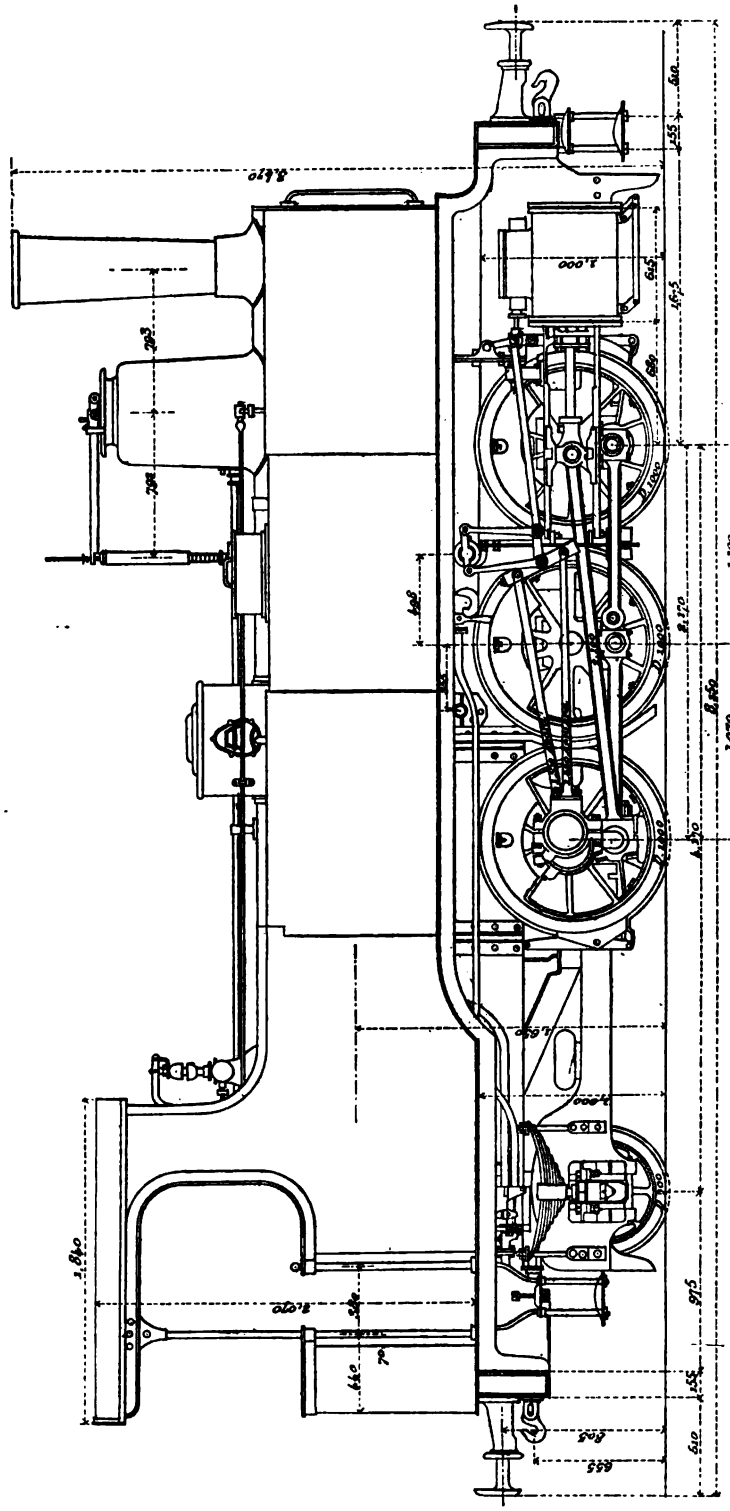


Fig. 703. — Élévation longitudinale.

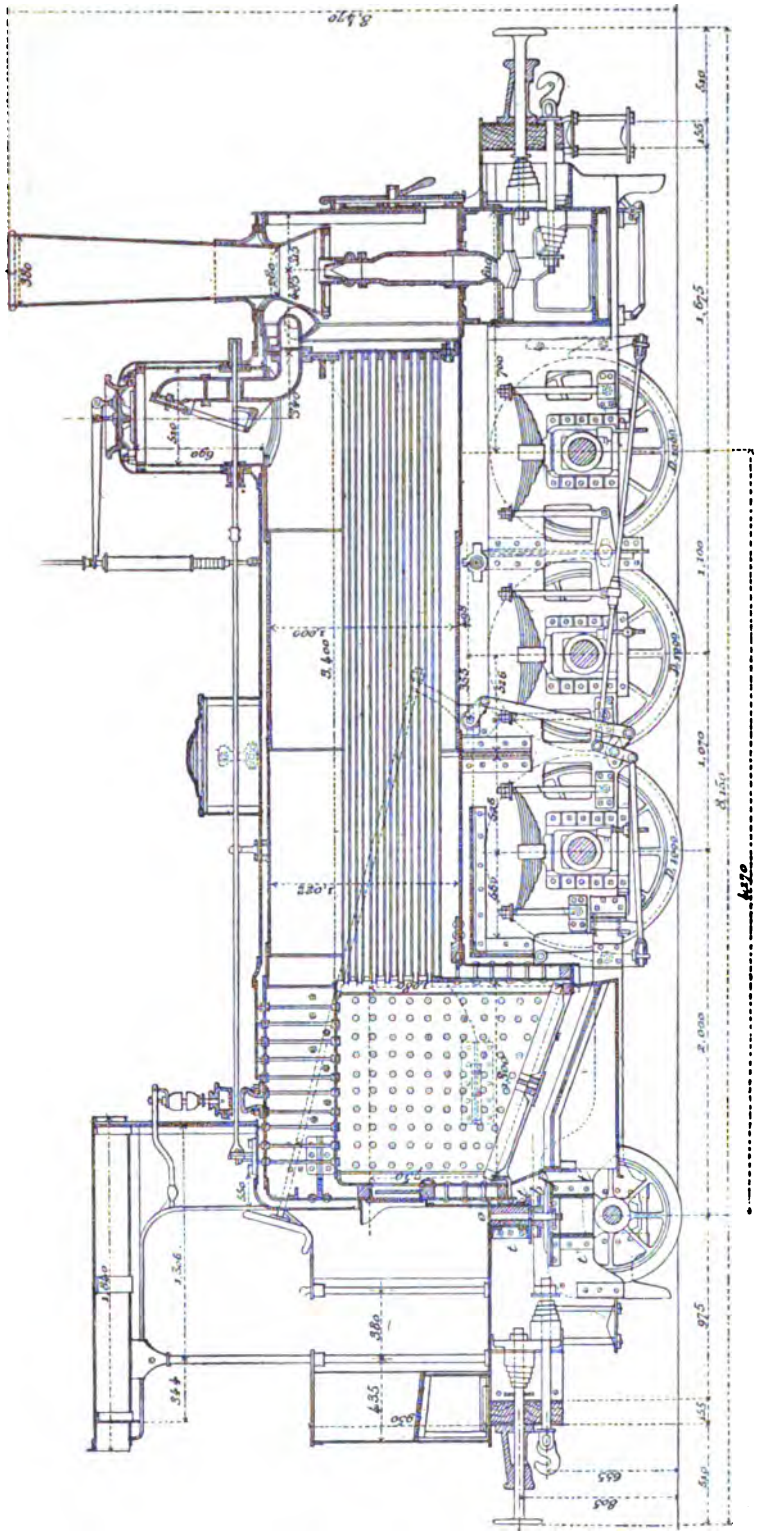


Fig. 704. — Coupe longitudinale.

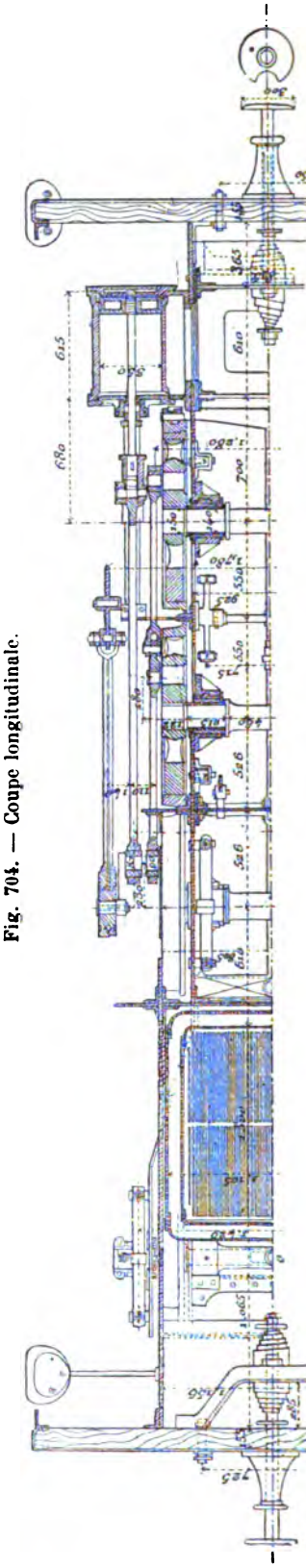


Fig. 705. — Plan.

Attelage et tamponnement. — L'attelage est à traction continue et à tamponnement central. L'axe du tamponnement est à 0,805 m. du rail, l'axe de traction à 0,655 m. ; la distance de 0,15 m. qui existe entre ces deux axes, jointe à un évidement pratiqué à la partie inférieure du tampon, permet d'accrocher et de serrer facilement les attelages.

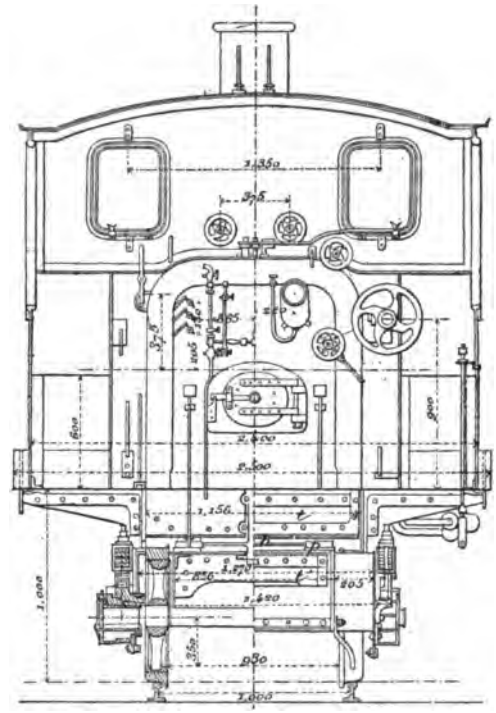


Fig. 706. — Coupe à l'arrière.

Frein. — La machine est munie du frein à contre-vapeur et d'un frein à vis à sabots conjugués, agissant sur les roues d'avant et d'arrière. La manœuvre du frein à vis peut, d'ailleurs, se combiner avec l'action d'un frein continu, à vide ou à air comprimé.

Jeu des boîtes. Articulation des bielles accouplées. — L'empattement rigide de la machine étant très faible (2,17 m.), l'inscription dans les courbes n'exige que très peu de jeu dans les boîtes. Ce jeu est établi d'après la formule suivante, dans laquelle j représente le jeu total, ρ le rayon de la courbe d et la distance de la ligne moyenne des essieux fixes à l'essieu d'avant :

$$j = \frac{d^2}{2\rho}.$$

En prenant $d = 1,635$ m. et $\rho = 100$ mètres, on en tire

$$j = 0,014 \text{ m. environ.}$$

Il suffit donc de laisser 7 à 8 millimètres de jeu de chaque côté, à la boîte de l'essieu d'avant, pour assurer la flexibilité de la machine. De plus, pour éviter toute fatigue des accouplements, les bielles d'avant portent une articulation sphérique.

Conditions d'établissement. — Les principales conditions d'établissement de la machine sont résumées ci-dessous :

Surface de grille	1,076 m²
Nombre des tubes	123
Longueur des tubes	3,40 m.
Surface de chauffe du foyer	4,52 m²
— — des tubes	53,83 —
— — totale	58,35 —
Hauteur de l'axe de la chaudière au-dessus du rail	1,650 m.
Timbre de la chaudière	10 kg.
Longueur de la machine, à l'extrémité des tampons	8,15 m.
Empattement des roues accouplées	2,17 —
— total de la machine	4,17 —
Diamètre des roues accouplées (D)	1,00 —
— — du Bissel	0,70 —
— des cylindres (d)	0,35 —
Course des pistons (l)	0,46 —
Poids de la machine vide	21,700 kg.
Poids en service	28,500 —
Poids adhérent minimum	20,000 —
Effort de traction maximum $\left(0,65 \times \frac{pd^2l}{D}\right)$ —	3,662 —
Adhérence $\left(\text{calculée au } \frac{1}{6}\right)$	3,300 —

Charges remorquées. — Le tableau ci-dessous résume les charges que la machine peut remorquer dans différentes conditions de rampes et de vitesses. Ces charges sont celles que donnent les formules que nous avons citées plus haut. Les calculs sont faits en admettant pour l'adhérence le coefficient 0,14. Les trois premières colonnes du tableau indiquent les charges limites données par l'adhérence, qui sont inférieures aux charges correspondant au travail de la vapeur; les cinq dernières indiquent les charges qui correspondent au travail de la vapeur.

RAMPES CONTINUES en millimètres, y compris la résistance due aux courbes.	VITESSE EN KILOMÈTRES A L'HEURE							
	10	15	20	25	30	35	40	45
mm.	t.	t.	t.	t.	t.	t.	t.	t.
0,00	904	819	748	608	483	382	306	248
2,50	480	453	430	363	297	243	200	165
5,00	321	308	296	254	210	174	145	121
7,50	237	230	223	192	160	133	111	93
10,00	186	181	176	153	127	106	88	73
15,00	126	124	121	105	87	72	59	49
20,00	92	91	89	77	63	51	42	34
25,00	71	69	68	58	47	38	30	23
30,00	55	55	54	45	36	28	22	16
35,00	44	44	43	36	28	21	15	11

Cette machine a d'ailleurs été remplacée pour le service des trains express des lignes de la Corse par une locomotive articulée (système Mallet), égale-

ment employée par les chemins de fer du Sud de la France, qui, grâce à sa diposition spéciale que nous avons déjà décrite et à l'adoption du fonctionnement compound, a permis de réaliser, avec des charges modérées par essieu, une puissance de traction plus considérable.

Cette machine dont nous avons donné une reproduction dans le présent volume (fig. 605, p. 74), pèse 26 tonnes à vide, 32 à 34 tonnes en ordre de marche.

Ses principales conditions d'établissement sont indiquées ci-dessous :

Surface de grille	1,05 m²
— chauffe totale	67 m²
Diamètre des roues	1 m.
Écartement des essieux parallèles	1,40 m.
Écartement total	4,65 —
Effort maximum théorique de traction	4,700 kg.

Machine des tramways de Loir-et-Cher. — Les locomotives destinées au service des tramways de la Sarthe et de Loir-et-Cher, concédés à M. Faliès, rentrent dans la catégorie des machines faibles ; elles pèsent, en effet, 11 à 12 tonnes à vide et sont établies en vue de remorquer des trains relativement légers sur des rampes allant jusqu'à 30 millimètres. Elles présentent d'ailleurs un certain nombre de particularités intéressantes, résultant du service spécial qu'elles ont à faire sur des lignes qui empruntent les accotements des routes sur une grande partie de leur longueur.

Ces machines sont représentées par les figures 707 à 709. Ce sont des machines-tenders à trois essieux accouplés, dont le mouvement extérieur est entièrement caché par une enveloppe en tôle à charnières, qui peut se relever pour permettre le graissage et la visite des différentes pièces du mécanisme. Cette disposition présente plusieurs avantages ; elle effraie moins les chevaux que celle des machines dont tous les organes sont apparents ; elle soustrait en outre ces organes à l'action de la poussière et diminue un peu leur usure. Par contre, elle a l'inconvénient d'échauffer un peu trop les différentes pièces, renfermées dans une sorte de boîte où l'air ne circule pas. Mais, en raison des arrêts assez fréquents, pendant lesquels le mécanicien peut ouvrir l'enveloppe extérieure, cet inconvénient est sans gravité.

Les machines sont, en outre, munies d'une forte cloche, qui remplace le sifflet à vapeur ; ce dernier, qui faisait peur aux chevaux, a été supprimé [1].

[1] Nous devons faire remarquer que, sur les tramways de la Vendée, où le sifflet des machines avait été d'abord supprimé, il a été rétabli au bout de quelques années d'exploitation et que, jusqu'à présent, aucun inconvénient n'a paru résulter de son emploi. Les mécaniciens ont d'ailleurs reçu l'ordre de n'en pas faire usage dans la traversée des villages, où ils se servent d'une trompe.

Le mécanicien doit faire usage de la cloche comme d'un sifflet, pour commander le serrage et le desserrage des freins et pour annoncer la mise en marche ; en outre, il doit s'en servir et sonner d'une manière prolongée dès qu'il aperçoit une voiture sur les routes, ainsi que dans la traversée des villages, où la vitesse est d'ailleurs réduite à 10 et même quelquefois 6 kilomètres à l'heure.

LOCOMOTIVE-TENDER DES TRAMWAYS DE LOIR-ET-CHER. — Échelle 1/50e.

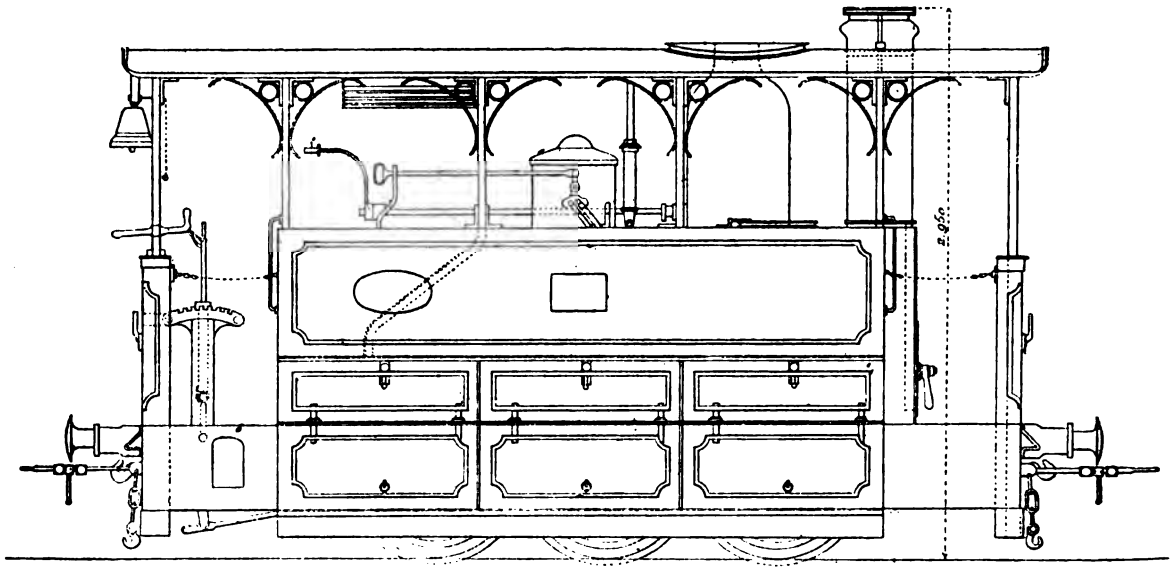


Fig. 707. — Élévation.

En raison de la petitesse du diamètre des roues, qui n'ont que 0, 832 m., ces machines ne peuvent pas marcher à grande vitesse ; d'ailleurs, en vertu des règlements, la vitesse des trains, sur les parties de lignes qui empruntent les accotements des routes, ne doit pas dépasser 20 kilomètres à l'heure. Dans les parties situées à travers champs, elle atteint 25 à 30 kilomètres. La vitesse commerciale des trains est de 16 à 17 kilomètres.

Les machines sont munies du frein à contre-vapeur et d'un frein à vis. Elles comportent aussi le frein continu à vide, système Soulerin, qui est également installé sur les voitures à voyageurs.

D'après les expériences que nous avons faites sur plusieurs de ces machines, l'arrêt se produit, par un beau temps, sous l'action du frein à main, dans un espace de 17 à 25 mètres, les machines étant lancées à la vitesse de 20 kilomètres à l'heure sur une pente de 22 millimètres par mètre.

Le tableau ci-après résume les principales conditions d'établissement de ces machines ;

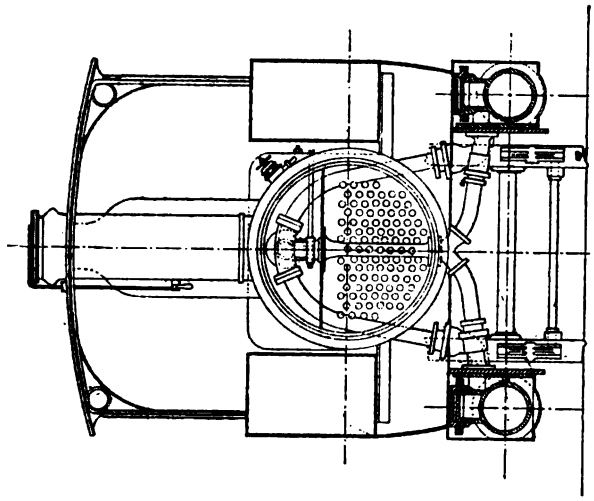


Fig. 709. — Coupe transversale par AB.

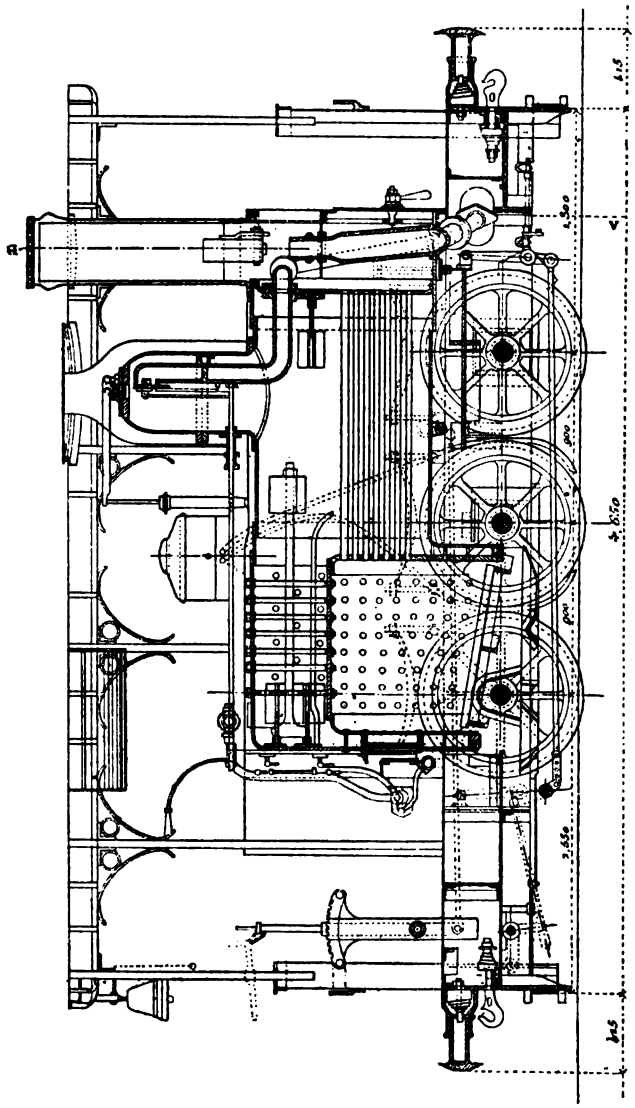


Fig. 708. — Coupe longitudinale.

Surface de grille	0,64 m²
Nombre des tubes	103
Longueur des tubes	1,40 m.
Surface de chauffe du foyer	3,04 m²
— — des tubes	15,56 —
— — totale	18,60 —
Hauteur de l'axe de chaudière au-dessus du rail	1,25 m.
Timbre de la chaudière	12 kg.
Longueur de la machine à l'extrémité des tampons	5,48 m.
Largeur totale (toutes saillies comprises)	2 m.
Écartement des essieux extrêmes	1,80 m.
Hauteur totale de la machine	2,95 —
Diamètre des roues (D)	0,832 —
— cylindres (d)	0,230 —
Course des pistons (l)	0,360 —
Poids de la machine vide	12 000 kg.
— en ordre de marche	14 700 —
Capacité des soutes à eau	1 500 litres
— en combustible	500 —
Effort de traction maximum $\left(0,65 \times \frac{pd^2l}{D}\right)$ —	1 785 kg.
Adhérence calculée au 1/6 de 12 000 kg.)	2 000 —

Ces machines peuvent remorquer, à la vitesse de 20 kilomètres à l'heure et sur des rampes de 0, 03 m., un poids brut de 50 tonnes, comprenant 15 tonnes pour la machine et 35 tonnes pour le train.

§ 3. — RÉSUMÉ DES DÉPENSES D'ÉTABLISSEMENT D'UN CHEMIN DE FER A VOIE ÉTROITE

D'après les documents recueillis par M. Sampité[1], voici quels sont les prix élémentaires d'acquisition du matériel roulant sur la ligne d'Anvin à Calais :

Locomotive de 18 t. 1/2 à vide	32 375 fr.
Voitures à bogies (56 places)	8 000 —
— mixtes, 1re et 2e classe (22 places)	5 725 —
— — 1re, 2e et 3e classe (19 places)	5 000 —
— de 3e classe (24 places)	3 650 —
Fourgons à bagages, portant 8 000 kilogrammes	3 650 —
Wagons couverts	2 350 —
Wagons tombereaux	2 000 —
Wagons plates-formes	1 575 —
Wagons à bois	1 700 —
Wagons à ballast	1 123 —

La dépense totale d'acquisition du matériel est de 806 040 francs, soit 8 575 francs par kilomètre. Le service comporte depuis deux jusqu'à huit trains dans chaque sens, suivant les sections de la ligne.

[1] *Les Chemins de fer à faible trafic en France.*

Les chiffres ci-dessus peuvent être considérés comme des moyennes acceptables pour la plus grande partie des lignes à voie étroite ; on admet, en effet, que la dépense kilométrique du matériel roulant peut y atteindre 8 à 10 000 francs, y compris l'outillage. Sur les tramways, où la circulation est toujours moins active et le matériel plus léger, on peut admettre 6 à 8 000 francs par kilomètre.

Dès lors, les dépenses d'établissement des lignes à voie étroite peuvent être évaluées moyennement de la manière suivante :

	Ligne à travers champs.	Tramway.
	—	—
Infrastructure	30 000 fr.	15 000 fr.
Superstructure	30 000 —	20 000 —
Matériel roulant	9 000 —	7 000 —
Total	69 000 fr.	42 000 fr.

A ces chiffres il y a lieu d'ajouter les intérêts des capitaux pendant la construction; en peut les évaluer à 8 p. 100 dans le premier cas et à 6 p. 100 dans le second. On a ainsi:

	Ligne à travers champs.	Tramway.
	—	—
Dépenses d'établissement	69 000 fr.	42 000 fr.
Intérêts pendant la construction	5 520 —	2 520 —
Total	74 520 fr.	44 520 fr.
Soit, en nombres ronds	75 000 —	45 000 —

Ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer, les chiffres de la statistique du ministère des Travaux publics pour 1904 font ressortir un prix kilométrique d'établissement de 70 000 francs environ pour les chemins de fer d'intérêt local à voie d'un mètre et de 53 500 francs environ pour les tramways. Mais ces chiffres comprennent des lignes de difficultés diverses, tandis que les chiffres que nous avons donnés plus haut ne s'appliquent qu'à des lignes de difficultés ordinaires ; ils pourraient être considérablement dépassés s'il s'agissait de construire un chemin de fer en pays accidenté ; par contre, dans un pays très plat, le prix de revient peut descendre bien au-dessous de ces chiffres.

C'est ainsi que la ligne de Saint-Georges de Commiers à la Mure (Isère) a coûté 360 000 francs par kilomètre, que les chemins de fer corses en ont coûté 250 000, tandis qu'en pays facile, on établit couramment une ligne à travers champs à voie d'un mètre pour 60 000 francs et un tramway pour 40 000 francs par kilomètre.

CHAPITRE V

EXPLOITATION

Organisation des services. — Entretien de la voie. — Traction. — Mouvement et service commercial. — Dépenses de l'exploitation. — Les tarifs. — Frais de transbordement. Arrêté ministériel du 8 mars 1890. — L'impôt sur la grande vitesse.

Les chemins de fer à voie étroite étant nécessairement des chemins à faible trafic, la règle de leur exploitation doit être la simplification dans les services et l'économie dans les dépenses.

Voici quelques indications sur l'organisation des différents services et sur les dépenses auxquelles ils donnent lieu sur un certain nombre de lignes d'intérêt local[1].

Organisation des services. — Contrairement à ce qui se passe sur les grands réseaux, le meilleur mode d'organisation des services sur les petites lignes consiste à les concentrer tous dans la main d'un seul chef d'exploitation, ingénieur ou directeur, qui peut ainsi faire concourir à un but commun l'ensemble de son personnel de la voie, de la traction et de l'exploitation proprement dite. La séparation de ces trois grandes branches de l'administration d'un chemin de fer, qui se justifie sur les grands réseaux par l'importance que présente chacune d'elles, a, sur les petites lignes, l'inconvénient d'exiger un personnel assez considérable, incompatible avec une exploitation économique. Au contraire, en concentrant les trois services dans la main d'un même chef, on peut plus facilement utiliser un personnel restreint, en l'employant suivant les besoins que peuvent présenter les différentes branches de l'administration de la ligne.

C'est d'après ce système que sont exploitées les lignes secondaires en Allemagne, principalement celles de la Saxe et de la Bavière, et en Italie, où le mode d'exploitation adopté est caractérisé par le nom de « *système de la concentration des services et de l'indépendance des lignes* ». Chaque ligne

[1] Voy. Sampité. *Ouvrage cité.*

forme un groupe distinct et son exploitation est dirigée par un ingénieur, chargé à la fois des trois services.

Les résultats obtenus en Allemagne par l'adoption de ces mesures sont remarquables : les dépenses de personnel, qui s'élevaient autrefois sur les lignes secondaires de la Bavière à 68 p. 100 de la dépense totale, ont été ainsi réduites à 35 p. 100 et même sur quelques lignes, à 30 p. 100.

La concentration des services est également adoptée en France, d'une manière plus ou moins complète, sur un certain nombre de lignes d'intérêt local à voie normale, où elle permet une exploitation économique; on la retrouve également sur la plupart des lignes à voie étroite. Elle est particulièrement à recommander pour l'exploitation de ces petites lignes

Entretien de la voie. — Si l'on suppose la voie solidement établie, avec un ballast bien perméable, des rails en acier et des traverses de bonne qualité, son entretien demandera, en général, peu de main-d'œuvre et les cantonniers qui en seront chargés pourront en même temps assurer celui des bâtiments et être employés aux manutentions dans les gares. L'importance du personnel d'entretien variera nécessairement avec le nombre des trains qui parcourront la ligne journellement.

Sur la ligne de Hermes à Beaumont, il est de deux agents pour 5 kilomètres (huit trains par jour); dépense kilométrique annuelle : 430 francs.

Sur Anvin-Calais : un homme pour 2 à 3 kilomètres (deux trains sur la plus grande partie du parcours); dépense : 570 francs.

Sur le réseau d'Indre-et-Loire ; un homme pour 2 à 3 kilomètres (trois à quatre trains); dépense : 650 francs.

Sur ces deux dernières lignes, les frais d'entretien sont un peu augmentés par la raideur des courbes.

Sur les tramways de Loir-et-Cher, l'entretien de la voie est fait par des équipes placées sous les ordres de chefs de district. Chaque équipe est chargée d'un canton, dont la longueur est de 12 kilomètres en moyenne. Une équipe se compose d'un chef et d'un nombre d'hommes variable suivant les saisons. Les chefs de district et d'équipe sont employés à l'année et ont des appointements fixes; les hommes d'équipe sont payés à l'heure. On compte en moyenne quatre hommes par équipe, soit un homme pour 3 kilomètres. La dépense kilométrique annuelle ressort, d'après ces bases, à 360 francs environ, y compris l'entretien des bâtiments, cours, clôtures, etc. : il ne paraît pas possible de descendre au-dessous de ce chiffre.

Traction. — L'organisation adoptée en France sur la plupart des chemins de fer d'intérêt local pour la conduite des machines se rapporte au système, dit de *l'équipe unique*, dans lequel un mécanicien et un chauffeur sont atta-

chés à une seule machine, toujours la même ; quand ces deux agents ont fini leur service, la machine rentre au dépôt avec eux, pour n'en ressortir que lorsque ces mêmes agents reprennent leur service. Le service de la traction n'y présente pas, d'ailleurs, de particularités bien remarquables. Les alimentations sont faites sur quelques lignes au moyen du pulsomètre, dont les avantages ont été indiqués précédemment.

Les dépenses annuelles de traction, par kilomètre de ligne, varient depuis 740 francs, sur la ligne d'Anvin à Calais, jusqu'à 1 100 francs sur celle de Hermes à Beaumont et 1 200 francs sur celles d'Indre-et-Loire. Il convient de remarquer que, sur ces dernières lignes, les machines sont mal utilisées, en raison des trains multipliés et de faible parcours.

Sur les tramways de Loir-et-Cher, les dépenses de la traction sont cumulées avec celles du mouvement, à cause du mode d'exploitation employé ; ces dépenses peuvent être évaluées à 1 100 francs par kilomètre environ, y compris l'entretien du matériel moteur et roulant.

Mouvement et service commercial. — La diminution des dépenses peut être obtenue, à ce point de vue, en réduisant, soit le personnel des gares, soit celui des trains. Mais il est difficile de réaliser à la fois les deux réductions, sauf lorsque le trafic est extrêmement faible.

On ne saurait, dans tous les cas, établir de règle générale. Avec des stations bien aménagées, dans lesquelles les voies accessoires sont courtes et bien reliées par aiguilles aux voies principales, de manière à permettre l'exécution des manœuvres à la machine pour les trains circulant dans les deux sens ; avec une halle à marchandises très voisine du bâtiment des voyageurs, ou même accolée à ce dernier, on pourra, en général, assurer le service de la station par un seul agent, celui-ci pouvant d'ailleurs recourir au personnel des équipes de la voie, lorsque la nécessité s'en fera sentir.

Il faut d'ailleurs, pour parvenir à ce résultat, que l'agent unique de la station n'ait pas à s'occuper du service télégraphique, ce qui conduit à supprimer complètement la demande de voie pour les trains réguliers, préalablement à leur mise en marche. Cette formalité, d'une utilité très contestable sur les grandes lignes, serait une complication extrême sur les petites lignes à voie étroite ; elle est, en fait, très peu employée, et, comme nous l'avons dit, lorsqu'une communication est nécessaire entre les stations, on la réalise habituellement par le téléphone.

En ce qui concerne le service des trains, la réduction du personnel est possible en adoptant l'organisation des trains dits *légers ;* mais il faut que le matériel soit muni du frein continu. C'est, ainsi que nous l'avons dit, une condition importante de l'exploitation économique des petites lignes. Grâce à son emploi, on peut arriver à réduire à deux le nombre des agents des

trains par la suppression du chauffeur ; le conducteur chef de train se tenant habituellement soit sur la machine, soit dans la première voiture du train et pouvant, dans tous les cas, accéder facilement à la machine pour aider le mécanicien et le suppléer au besoin. En l'absence du frein continu, il faudrait compter sur un agent de plus pour la manœuvre des freins à main. Il est donc extrêmement important d'avoir le frein continu.

Sur les tramways, le service des trains est habituellement fait par trois agents, savoir : un mécanicien, un chauffeur et un chef de train. Il faut remarquer d'ailleurs que ce personnel fait, en général, tout le service, le chef de train étant chargé de la distribution des billets, le chauffeur et le mécanicien devant en outre, dans les stations, coopérer au service des bagages et des marchandises.

Sur les lignes à voie étroite que nous avons déjà citées, les dépenses totales du mouvement et du trafic, gares et trains, varient depuis 700 francs par an et par kilomètre (Hermes-Beaumont) jusqu'à 800 et 850 francs (Anvin-Calais et Indre-et-Loire).

La vitesse commerciale des trains varie de 20 à 35 kilomètres et quelquefois davantage sur les lignes établies à travers champs ; elle est de 16 à 25 kilomètres sur les tramways.

Dépenses de l'exploitation. — Ainsi que nous l'avons déjà fait connaître, l'exemple des lignes à voie étroite, exploitées en France depuis un certain nombre d'années, montre que les dépenses de l'exploitation peuvent être réduites dans une notable proportion par l'emploi des procédés que nous venons d'indiquer. Le tableau ci-dessous résume, d'après la statistique du ministère des Travaux publics, les dépenses moyennes et les recettes de l'exploitation de quelques-unes de ces lignes pour 1904.

	DÉSIGNATION DES LIGNES	LONGUEUR exploitée en 1904.	RECETTES par kilomètre.	DÉPENSES par kilomètre.	COEFFICIENT d'exploitation.
		km.	fr.	fr.	
Société générale des chemins de fer économiques.	Valmondois à Marines. . . .	22	4 752	3 237	68,1
	Moulins à Cosne-sur-l'Œil . .	57	5 981	3 077	69,9
	Varennes-sur-Allier à Benezet, etc	125	3 706		
	Bourges à Laugère.	55	3 153	2 375	75,3
	Noyelles au Crotoy; Saint-Valery à Cayeux, etc. . . .	311	4 694	3 065	65,3
	Corbigny à Saulieu et Chitry-les-Mines.	79	2 362	2 287	96,3
	Nevers à Corbigny.	1	2 744	3 788	138,4
	Dampierre à La Palisse . . .	43	4 062	3 074	75,6
	Bussy à Ercheu	13	3 277	3 166	96,6

DÉSIGNATION DES LIGNES		LONGUEUR exploitée en 1904.	RECETTES par kilomètre.	DÉPENSES par kilomètre.	COEFFICIENT d'exploitation.
		km.	fr.	fr.	
Compagnie des chemins de fer départementaux.	Port-Boulet à Châteaurenault.	104	1 879	2 257	125,2
	La Roche à l'Isle-sur-Serein.	75	3 745	2 624	70,1
	Montereau à Château-Landon.	52	3 274	2 928	89,4
	La Ferté-sous-Jouarre à Montmirail	45	2 730	2 531	92,9
	Le Grand-Pressigny à Esvres.	52	2 292	2 061	87,5
	Ligueil à Montrésor	41	2 435		
	Angouléme à Sonneville	46	3 378	2 525	79,8
	Sonneville à Matha.	17	2 590		
	Digoin à Etang	53	4 248	2 906	68,4
	Bourbon-Lancy à Toulon-sur-Arroux.	45	1 707	2 646	155
	Lagny à Mortcerf	19	1 539	1 843	103,1
Anvin à Calais		94	4 885	3 100	63,4
Hermes à Beaumont		31	5 849	3 171	54,2
Compagnie des tramways de la Sarthe : Le Mans au Grand-Lucé, à Saint-Denis d'Orques, etc		224	3 190	2 733	85,6
Compagnie des chemins de fer d'intérêt local du nord de la France : Roisel à Hargicourt.		7	16 798	5 634	33,5
Pierrefitte à la Raillère et à Luz-Saint-Sauveur.		25	13 758	6 845	49,7

Voici également quelques chiffres relatifs à des lignes classées comme tramways :

DÉSIGNATION DES LIGNES	LONGUEUR exploitée en 1904.	RECETTES par kilomètre.	DÉPENSES par kilomètre.	COEFFICIENT d'exploitation.
	kil.	fr.	fr.	
Tramways de la Vendée (exploités par le réseau de l'Etat)	193	2 308	2 172	94,09
Compagnie des chemins de fer du sud de la France.	264	2 744	3 461	126,2
Société des chemins de fer économiques du nord.	265	5 804	4 013	69,1
Compagnie des tramways de Loir-et-Cher.	203	3 241	2 852	88 »
Tramway de Paris à Arpajon	40	27 126	21 181	78,1
Chemins de fer économiques des Charentes.	337	2 354	2 148	91,3

Les tarifs. — La tarification des lignes à voie de 1 mètre s'établit d'après les mêmes principes que celle des lignes à grande voie. Le cahier des charges joint à l'acte de concession prévoit un certain nombre de prix applicables aux transports à grande et à petite vitesse et le concessionnaire conserve la faculté d'établir, avec l'homologation de qui de droit (le Préfet ou le Ministre, suivant les cas), des tarifs plus réduits, soit pour le parcours total, soit pour les parcours partiels de la ligne.

Mais on admet, en général, que sur les petites lignes à faible trafic, les tarifs peuvent être plus élevés que sur les grandes lignes.

Il est, en effet, naturel et conforme aux principes habituels du commerce que des entreprises, dont la sphère d'action est peu étendue, appliquent des prix unitaires plus élevés que celles dont les opérations sont très développées et qui peuvent, par conséquent, se contenter d'un bénéfice plus restreint sur chacune d'elles ; mais il faut remarquer, d'un autre côté, que les compagnies de chemins de fer ne sont pas des commerçants ordinaires et qu'elles détiennent, en définitive, un monopole, celles qui exploitent les petites lignes comme celles à qui les grandes ont été concédées, qu'elles reçoivent en outre des subventions, sous uue forme ou sous une autre, de sorte que les principes de la tarification commerciale ne sauraient leur être appliqués sans restriction. Un département, qui concède une ligne d'intérêt local et la subventionne, joue absolument le même rôle que l'État qui concède les grandes lignes d'intérêt général, de sorte qu'on ne voit pas bien, en dernière analyse, pourquoi la réduction des tarifs ne s'imposerait pas, dans une certaine mesure, aux petites lignes comme aux grandes.

En fait, les tarifs maxima fixés pour les cahiers des charges des lignes d'intérêt local à voie étroite varient, pour le transport des voyageurs, entre 10 et 15 centimes pour 1re classe, 7,5 cent. et 12 centimes pour la 2e classe, 5 centimes et 7,84 cent. pour la 3e classe.

Dans l'application, ces tarifs sont habituellement réduits d'une manière notable. Ainsi, sur les tramways de Loir-et-Cher et de la Sarthe, sur ceux de Charente, sur ceux de la Vendée et sur nombre d'autres lignes, les taxes ont été réduites aux chiffres suivants :

1re classe	0,075 fr.	par kilomètre.		impôt compris.
2e —	0,05 —	—		

Des billets d'aller et retour, avec réduction de 25 p. 100, sont également prévus sur les tramways de la Vendée, et sur un grand nombre de réseaux secondaires, notamment celui d'Indre-et-Loire, ceux des chemins de fer départementaux, etc.

En ce qui concerne les marchandises, les cahiers des charges prévoient habituellement leur division en quatre classes, auxquelles s'appliquent les tarifs suivants :

1re classe	de 0,16 fr. à 0,25 fr.	par tonne	et par kilomètre.
2e —	de 0,14 — à 0,21 —	—	—
3e —	de 0,10 — à 0,15 —	—	—
4e —	de 0,08 — à 0,12 —	—	—

En outre, les marchandises transportées par wagon complet ont, sur certains réseaux, le bénéfice d'une tarification réduite. Ainsi sur les tramways

de la Vendée, où les bases ordinaires sont de 0,16 fr., 0,14 fr., 0,12 fr. et 0,10 fr. suivant les classes, la base est réduite à 0,08 fr. pour les marchandises de la 1re et de la 2e classe, et à 0,06 fr. pour celles de la 3e et de la 4e classe, lorsqu'elles sont remises par wagon complet.

Les frais accessoires sont variables suivant les réseaux ; ils sont fixés comme il suit sur les lignes de Hermes à Beaumont et d'Anvin à Calais :

	MARCHANDISES TRANSPORTÉES			
	Sans condition de tonnage.		Par wagon complet de 4 000 kg. et au-dessus.	
Frais de chargement au départ.	0,50 fr.	Total 1,80 fr. par tonne.	0,40 fr.	Total 1,30 fr. par tonne.
Frais de déchargement à l'arrivée . . .	0,50 —		0,40 —	
Frais de gare au départ.	0,40 —		0,25 —	
Frais de gare à l'arrivée	0,40 —		0,25 —	

Sur les tramways de Loir-et-Cher, ces frais sont les suivants :

Frais de chargement	0,40 fr.
— déchargement	0,40 —
Frais de gare au départ	0,40 —
— à l'arrivée	0,40 —
Total	1,60 fr. par tonne.

Sur les tramways de la Vendée, ils sont de 1,50 fr. par tonne pour les marchandises sans condition de tonnage et de 1 franc pour celles qui sont transportées par wagon complet de 4 000 kilogrammes.

Frais de transbordement. — Indépendamment des tarifs et des frais accessoires ci-dessus, les marchandises qui passent de la voie étroite à la voie large et réciproquement ont encore à supporter les frais spéciaux que nécessite leur transbordement.

La question du transbordement est très grave pour les petites compagnies à voie étroite. Pendant longtemps, les grandes compagnies, qui voyaient en elles des rivales beaucoup plutôt que des auxiliaires, leur appliquaient, en général, aux points de raccordement de leurs réseaux, des conditions extrêmement onéreuses pour les petites lignes, qu'elles assimilaient à des correspondants par terre, au lieu de les traiter comme les compagnies à voie normale à leurs gares de jonction.

C'est ainsi que la compagnie d'Orléans exigeait des chemins de fer à voie étroite de l'Indre-et-Loire une redevance de 0,80 fr. par tonne pour le transbordement des marchandises de détail et de 0,60 fr. pour celui des wagons complets, alors que le droit de transmission de réseau à réseau (pour les

lignes à voie normale, n'est que de 0,40 fr. par tonne d'après l'arrêté ministériel du 30 novembre 1876. A cette redevance venaient s'ajouter les doubles frais de gare, fixés au taux habituel des grandes compagnies, c'est-à-dire à 0,70 fr. pour les marchandises sans condition de tonnage et à 0,40 fr. pour les marchandises par wagon complet. Chaque tonne transportée avait ainsi à supporter, au point de raccordement des deux réseaux, une taxe supplémentaire de 1,50 fr. dans le premier cas, de 1 franc dans le second.

Cette taxe élevée n'était pas justifiée ; le simple droit de transmission de 0,40 fr. par taxe eût été, il est vrai, trop faible ; tandis qu'à la jonction des lignes ayant la même largeur de voie, le transbordement effectif des marchandises n'est pas toujours nécessaire, cette opération est, au contraire, indispensable entre lignes ayant des largeurs de voie inégales. Il était donc juste de percevoir dans ce cas un droit de transmission un peu plus élevé, mais le prix réclamé était excessif et cette élévation de la taxe de transbordement réagissait d'une manière très fâcheuse sur le trafic des petites compagnies, dont elle grevait les transports de frais accessoires beaucoup trop élevés.

Un arrêté ministériel du 8 mars 1890 est venu mettre fin à cette situation en fixant de la manière suivante le droit de transmission des marchandises dans le cas où les deux compagnies voisines ont des largeurs de voie inégales :

« Il sera perçu, dit cet arrêté, aux gares de jonction des lignes de chemins de fer à voie étroite avec les lignes de chemins de fer à voie normale, un droit de 0,70 fr. par tonne, applicable par fraction indivisible de 10 kilogrammes et à partager comme suit :

0,40 fr. de frais de gare à partager entre les deux compagnies ;

0,30 fr. pour la compagnie qui effectue les opérations de transbordement.

« Moyennant la perception de ce droit de 0,70 fr., les frais de manutention (chargement, déchargement et gare) ne seront perçus qu'une fois à l'expédition primitive et à la destination définitive, étant bien entendu, d'ailleurs, que les frais de chargement et de déchargement ne seront pas perçus pour les marchandises transportées par wagon complet de 4 000 kilogrammes et au-dessus ou par expédition d'un poids équivalent, lorsque ces opérations seront faites par les expéditeurs et les destinataires. »

Cet arrêté, qui résout définitivement la question du transbordement, montre qu'en somme, la dépense supplémentaire imposée aux marchandises par l'adoption de la voie étroite se réduit à 0,30 fr. par tonne aux points de raccordement avec les lignes à voie normale ; cette dépense est, en réalité, fort peu de chose, eu égard aux économies importantes que procure cette voie, tant pour l'établissement que pour l'exploitation des chemins de fer. Cet arrêté est de nature à permettre au trafic des petites compagnies de se développer dans de notables proportions et à faire cesser les justes réclamations du public, qui se plaignait d'avoir à payer des taxes accessoires souvent plus élevées que les prix résultant de l'application des tarifs de transport eux-mêmes.

L'IMPÔT SUR LA GRANDE VITESSE. — Les chemins de fer d'intérêt local, qui forment la plus grande partie des lignes à voie étroite, donnent lieu, au point de vue de l'application de l'impôt sur la grande vitesse, à quelques remarques intéressantes, par lesquelles nous terminerons la présente étude.

Jusqu'au 1er avril 1892, date du dégrèvement de l'impôt sur la grande vitesse, ces lignes étaient divisées, à ce point de vue, en deux classes distinctes, suivant que leur longueur à vol d'oiseau était supérieure ou inférieure à 40 kilomètres.

Dans le premier cas, l'impôt était fixé dans les conditions que nous avons indiquées à propos des grandes lignes, c'est-à-dire qu'il était de 23,2 p. 100 de la taxe perçue au profit de la compagnie.

Dans le second cas, on appliquait les dispositions de la loi du 11 juillet 1879, relatives aux *voitures* en service régulier qui ne s'éloignent pas de plus de 40 kilomètres de leur point de départ.

Le mot « voitures » inscrit dans cette loi est, en effet, un terme générique qui comprend tous les modes de transport et, par conséquent, les véhicules de chemins de fer.

Dans ce cas, l'impôt consistait, non plus en une taxe proportionnelle à la recette, mais en un droit fixe par voiture, réglé par l'article 1er de la loi.

D'après cet article, le droit fixe perçu annuellement pour une voiture à 16 places est, en principal, de 210 francs ; il faut y ajouter les décimes fixés par diverses lois, qui s'élèvent à un quart du principal, soit 52,50 fr. Le droit est donc, au total, de 262,50 fr. par voiture et par an.

Cet impôt étant payable par douzième, on pouvait chaque mois modifier la déclaration relative au nombre des voitures en service et, par conséquent, faire varier ce nombre suivant les besoins du trafic.

Cette différence de traitement entre les lignes créait, pour les petites compagnies d'intérêt local, une situation complexe qui n'était pas sans inconvénients. Lorsqu'une compagnie était concessionnaire dans le même département de deux lignes, dont l'une avait plus de 40 kilomètres et l'autre moins de 40 kilomètres à vol d'oiseau, elle se trouvait amenée, soit à établir des tarifs différents sur ces deux lignes, ce qui aurait été difficilement admis par le public, soit à faire une sorte de cote mal taillée et à fixer des tarifs uniformes tenant compte, tant bien que mal, de la surtaxe qui correspond à l'impôt.

Le vote du dégrèvement de l'impôt sur la grande vitesse, à partir du 1er avril 1892, a mis fin à cette situation. La loi du 26 janvier 1892 a, en effet, modifié le régime appliqué aux chemins de fer d'intérêt local à ce point de vue et remplacé le système complexe autrefois appliqué par une taxe uniforme de 3 p. 100 sur le prix perçu par les compagnies pour les places des voyageurs et des transports de bagages en grande vitesse. La loi stipule d'ailleurs que les entreprises de tramways à traction mécanique, sur lesquels

le prix des places ne dépasse pas 0,30 fr., pourront, si elle le demandent, être maintenues au droit fixe.

Cette réforme est excellente; elle fait cesser une inégalité dont se plaignaient, à juste titre, les concessionnaires des lignes d'intérêt local; elle réduit, en outre, d'une manière équitable le taux de l'impôt, ce qui ne peut avoir que de bons résultats pour le développement du trafic.

ANNEXES DE LA CINQUIÈME PARTIE

ANNEXE A

Note sur le mode d'établissement des tableaux de marches-types sur le réseau d'Orléans.

Pour les trains de voyageurs, comme pour les trains de marchandises, la vitesse réelle de marche sur les divers profils du réseau de la compagnie d'Orléans varie selon l'inclinaison des rampes à franchir, afin de rendre à peu près constant, pendant toute la durée du trajet, le travail de la machine en remorquant la charge fixée dans chaque cas particulier par le livret de charges normales (*édition de* 1886).

Les trains de marchandises ont comme vitesse nominale 20, 25, 30 et 35 kilomètres. Les trains à vitesse nominale de 20 kilomètres sont rarement utilisés; nous n'en avons d'exemples que dans le service facultatif et le service militaire. La vitesse de 25 kilomètres n'est pas dépassée dans les profils très accidentés. La vitesse de 30 kilomètres est la vitesse des trains directs de marchandises dans les profils faciles, la vitesse de 25 kilomètres dans les mêmes profils étant généralement réservée aux trains de détail. Enfin, certains trains de marchandises réguliers mixtes et quelques trains de marchandises facultatifs ont une vitesse de 35 kilomètres. Quelques trains de marchandises réguliers ont aussi cette vitesse sur une partie de leur trajet.

Les vitesses nominales assignées aux trains de voyageurs varient de 35 à 75 kilomètres à l'heure; celle de 75 kilomètres adoptée pour la marche des trains de voyageurs rapides n'a pas encore été dépassée sur les profils du réseau d'Orléans. Il y a quelques exemples de trains de voyageurs à vitesse nominale de 30 kilomètres, mais ils sont rares; on peut citer les lignes de Quimper a Douarnenez et a Pont-l'Abbé et de Villefranche-sur-Cher a Romorantin, sur lesquelles cette vitesse est usitée[1].

La vitesse nominale d'un train peut d'ailleurs ne pas être la même sur toute la longueur de la ligne; cela se présente assez fréquemment lorsque celle-ci est composée de plusieurs sections de charge et qu'il y a intérêt à faire franchir d'un bout à l'autre de la ligne la charge correspondant à la section la plus facile.

Pour tout train de vitesse nominale V, la vitesse *maxima* en palier ou en rampe qui intervient dans le calcul ne doit jamais excéder (V + 5) kilomètres; c'est une règle générale adoptée pour l'établissement des marches-types.

Pour un train à vitesse inscrite de 20 kilomètres, la vitesse maxima est donc de 25 kilom.
— — 25 — — — 30 —
— — 30 — — — 35 —
— — 35 — — — 40 —
— — 40 — — — 45 —

[1] Remarquer que cette note date du commencement de l'année 1890.

et ainsi de suite jusqu'à 75 kilomètres, train pour lequel la vitesse effective maxima est de 80 kilomètres.

Dans les pentes, les vitesses *limites* adoptées dans les calculs sont réglées d'après le tableau ci-dessous :

TABLEAU A

DÉCLIVITÉS	1 à 3mm 1/2	5mm	6 et 7mm	8 et 9 mm	10 et 12 mm	12,5 à 14mm	15mm	16mm	18 et 20mm	23mm	25mm	30mm
	km.	km.	km.	km.	km.	km.	km.	km.	km.	km.	km.	km.
Vitesses limites .	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30 35 excepl.	30

Toutefois, sur certaines sections à déclivités supérieures à 14 millimètres par mètre, à raison de la solidité exceptionnelle de la voie et notamment de la bonne qualité du ballast, la limite de vitesse dans les pentes a été portée à 55 kilomètres.

La vitesse *minima* en marche est de :

12 kilomètres pour les machines de marchandises et se rapporte aux trains à vitesse nominale de 20 kilomètres ;

18 kilomètres pour les trains de voyageurs et se rapporte aux trains à vitesse nominale de 30 kilomètres.

Ces vitesses de 12 kilomètres pour les machines à marchandises et de 18 kilomètres pour les machines à voyageurs correspondent à environ quatre coups d'échappement par seconde et constituent des limites inférieures au-dessous desquelles on ne doit pas descendre pour obtenir une production suffisante.

Les vitesses minima de marche indiquées ci-dessus sont tirées de la loi générale, dite de variation de vitesse, définie dans le tableau B ci-après qui a été établi à la suite d'expériences nombreuses faites à la compagnie.

On appelle *rampes fondamentales* des rampes-types pour lesquelles les charges des locomotives sont établies et dans lesquelles sont classées les différentes sections du réseau. Les valeurs de ces rampes sont indiquées au tableau des charges normales ; elles ont été fixées comme suit :

30, 25, 23, 20, 18, 16, 15, 14, 12 1/2, 12, 10, 9, 8, 7, 6, 5, 3 1/2 et 2 1/2.

Pour une section déterminée, on appelle *rampe caractéristique* la rampe la plus forte du profil, ayant une longueur trop grande pour être franchie par impulsion ; cette rampe correspond à la vitesse de marche la plus faible et elle permet, à l'aide du tableau, d'appliquer la loi de variation de vitesse à toutes les autres rampes de la section. Si parmi les rampes fondamentales ne figure pas la rampe caractéristique, déterminée comme il vient d'être dit, il convient de prendre, comme rampe caractéristique de la section, la rampe fondamentale qui s'en rapproche le plus.

La succession des rampes R_1, R_2, R_3, R_4 et R_5, dont il est fait mention dans le tableau B, est celle qui correspond à la classification des rampes fondamentales indiquée précédemment. Toutefois, pour pouvoir appliquer la loi de variation de vitesse sur les sections à rampes très faibles, il y a lieu de compléter cette classification en y ajoutant l'échelle suivante, admise pour les rampes inférieures à 2 1/2 :

2, 1 1/2, 1, 1/2, et 0.

TABLEAU B

VITESSE NOMINALES DES TRAINS	20k	25k	30k	35k	40k	45k	50k	55k	60k	65k	70k	75k
Vitesse dans la rampe caractéristique R_1 de la section.	12	15	18	21	25	30	35	40	45	50	55	60
Vitesse dans la rampe immédiatement inférieure R_2 d'après le classement des rampes fondamentales inscrites au livret.	15	18	21	25	30	35	40	45	50	55	60	65
Id. immédiatement inférieure à la précédente R_3 d'après le classement des rampes fondamentales inscrites au livret	18	21	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
Id. immédiatement inférieure à la précédente R_4, d'après le classement des rampes fondamentales inscrites au livret	21	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
Id. immédiatement inférieure à la précédente R_5, d'après le classement des rampes fondamentales inscrites au livret	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
Vitesse dans les rampes inférieures, en palier et en pentes . . .	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80

NOTA. — En observant toutefois les vitesses limites indiquées dans le tableau A et celles qui sont prévues par exception par l'instruction n° 967 du service de la Traction[1].

Lorsque, dans l'établissement d'un marche-type, on rencontre une rampe renfermant des courbes d'un faible rayon, il y a lieu de tenir compte de la difficulté de marche due à ces courbes, en substituant à la rampe réelle une des rampes immédiatement supérieures, ce qui, dans l'application de la loi de variation de vitesse, conduit à réduire la vitesse de marche dans les parties en courbe.

Les chiffres soulignés dans notre tableau B représentent les vitesses maxima (V + 5), dont il a été fait mention plus haut.

Toutes nos feuilles de marches-types ne comportent pas les vitesses nominales les plus fortes indiquées sur le tableau B ; on conçoit en effet que, sur les lignes accidentées, l'utilisation de ces vitesses donnerait lieu à une exploitation très onéreuse (*double traction, augmentation du nombre des trains*) en raison des charges très faibles qui y correspondent.

C'est pour ce motif qu'en principe, on aurait intérêt, au point de vue de l'utilisation maximum de la puissance de traction des locomotives, à arrêter les marches-types au train dont la vitesse nominale donne lieu à une vitesse maxima (V + 5) égale à la vitesse limite adoptée pour les pentes, lorsque celles-ci ont une certaine longueur. En réalité, cette donnée n'est qu'un guide ; il importe surtout, pour limiter la vitesse des trains sur une section, de tenir compte de la vitesse limite assignée, d'après l'Instruction n° 967 du service de la Traction, au type de machines appelées à desservir la section que l'on considère.

On est convenu d'indiquer cette limitation des trains-types sur les feuilles à l'aide d'un *double filet vertical*.

Cependant, pour certaines lignes, le calcul des marches-types est effectué pour quelques-uns des trains qui suivent, quelquefois même pour la série complète ; ces trains, qui

[1] L'instruction n° 967 du service de la Traction est relative aux limites de l'accélération des machines, en cas de retard.

correspondent à des vitesses exceptionnelles, sont alors compris entre une série de doubles filets verticaux et le service de l'Exploitation n'en doit faire usage qu'après entente avec le service de la Traction. Toutefois, ainsi qu'il est dit sur l'instruction qui sert de préface à la collection des feuilles de marches-types, sur la double voie, et pour les trains express ou postes ayant plus de 1 heure 30 minutes de retard, les chefs de gare sont autorisés à les réexpédier en trains spéciaux, en calculant leur marche avec ces vitesses.

Les règles qui viennent d'être exposées sont celles adoptées d'une manière générale pour l'établissement des marches-types, mais il est quelquefois fait exception à ces règles sur les lignes à profils très accidentés.

Dans ce cas, et lorsque le service sur la section considérée est assuré par un type unique de machines, il importe de tenir compte de la limite de vitesse fixée pour ce type par l'Instruction 967, en substituant dans le calcul de la marche-type cette vitesse limite à celles des vitesses indiquées par les tableaux A et B qui lui sont supérieures.

Sur la section d'Arvant à Capdenac, cette substitution a également été faite pour tenir compte de vitesses limites suivantes, fixées par raison de sécurité pour les trains à la montée et à la descente des rampes de 30 millimètres :

A la montée :

25 kilomètres pour les trains à vitesse nominale de 45 kilomètres et au-dessus;

A la descente :

20 kilomètres	pour les trains à	20 et 25	kilomètres	de vitesse	nominale.
25 —	—	30, 35 et 40	—	—	
30 —	—	45 et au.dessus		—	

Supposons qu'il s'agisse d'appliquer les règles qui précèdent à l'établissement d'une série de marches-types sur une ligne définie par les variations de profil indiquées ci-après :

Rampes de 18, 12, 10, 7, 5, 3 1/2.
Paliers
Pentes de 3 1/2, 5, 8, 12, 16.

En supposant ici que la longueur des rampes soit assez grande pour que celles-ci ne puissent être franchises par impulsion après la descente d'une pente, la rampe caractéristique de cette section est de 18 millimètres dans un sens et de 16 millimètres dans l'autre; la loi de variation de vitesse devra donc être établie pour chaque cas. Nous ne l'établirons que pour l'un d'eux, le premier. D'après les tableaux A et B, la loi de variation de vitesse, pour l'établissement des marches-types, sera la suivante :

VITESSES NOMINALES DES TRAINS	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
Vitesse dans la rampe caractéristique de 18 mm.	12	15	18	21	25	30	35	40	45	50	55	60
Vitesse dans la rampe de 16 mm. . .	15	18	21	25	30	35	40	45	50	55	60	65
Id. 15 mm. . .	18	21	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
Id. 14 mm. . .	21	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
Id. 12,1/2 mm..	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
Id. 12, 10, 7, 5, 3 1/2, paliers et pentes de 3 1/2 . .	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
Vitesse dans la pente de 5 mm. . . .	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	75	75
Id. 8 mm. . . .	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	65	65	65	65
Id. 12 mm. . . .	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	60	60	60	60	60
Id. 16 mm. . . .	id.	id.	id.	id.	45	45	45	45	45	45	45	45

Il est clair que les chiffres soulignés correspondent à des vitesses qui n'interviendront pas dans le calcul, puisque les rampes de 16, 15, 14 et 12 1/2 ne figurent pas dans le profil considéré.

Si les courbes du profil sont inférieures à 400 mètres et si le service doit être assuré pour les trains de voyageurs par les machines de la série 1566 à 1625, dont la vitesse effective de marche ne doit pas excéder 55 kilomètres, le double filet vertical devra être placé après le train à vitesse nominale de 50 kilomètres et la marche-type pourra être arrêtée à ce train.

Paris, le 31 janvier 1890.

L'ingénieur en chef du Matériel et de la Traction,
ERNEST POLONCEAU.

ANNEXE B

CHEMINS DE FER
DE L'ÉTAT

MATÉRIEL ET TRACTION

ANNÉE 1904

1er SEPTEMBRE

ORDRE DE SERVICE N° 207

(EXTRAIT)

CHARGES DES TRAINS. — TARES ET CHARGEMENTS

Le réseau est divisé en sections de charge, suivant la nature du profil.

Les charges correspondantes à chaque type de profil sont données par le tableau n° 1.

Les sections de charge et les lettres désignant les profils-types correspondants sont indiqués sur les livrets de marche des trains.

Ces tableaux spécifient, pour chaque section, la charge que peuvent remorquer *normalement* les différentes séries de machines aux différents types de marche.

Les charges peuvent être *augmentées* lorsque les conditions atmosphériques sont favorables, ou exceptionnellement *réduites* lorsque les circonstances sont défavorables.

Toute charge en excédent doit être notifiée au mécanicien, et expressément acceptée par lui. L'acceptation ou le refus du mécanicien est mentionné par la gare sur une feuille détachée d'un livre à souche (mod. M. 110) ; cette feuille, portant l'indication du chiffre de la surcharge et du parcours à faire, est jointe au bulletin de traction. Les mécaniciens doivent, autant que possible, accepter la surcharge qui leur est offerte ou justifier leur refus.

Les gares pourront imposer aux trains de marchandises, quelle que soit la charge indiquée pour leur vitesse, une charge correspondante à la marche-type 20, si la perte de temps qui pourrait en résulter n'est susceptible d'occasionner aucun inconvénient pour le service ; les chefs de gares mentionneront chaque cas sur leur rapport journalier. Les mécaniciens devront faire tout leur possible pour couvrir l'horaire et regagner sur les parties faciles du parcours le temps perdu pour franchir les rampes.

Lorsque, par suite de circonstances atmosphériques exceptionnelles, ou d'avaries survenues à sa machine en cours de route, un mécanicien est obligé de demander une réduction de charge, il doit en faire connaître les causes sur le bulletin de traction.

Sur chaque section, la charge des trains ne doit pas dépasser le chiffre indiqué sous le

TABLEAU N° 1

DÉSIGNATION DES PROFILS	NUMÉROS DES SÉRIES DE MACHINES	CHARGES NORMALES EN TONNES POUR LES DIFFÉRENTS TYPES DE MARCHE																	
		90	80	78	75	72	70	68	65	62	60	55	50	45	40	35	30	25	20
	2950	250	310	320	330	340	350	360	370	385	400	425	450	450	450	450	450	450	450
	2900	»	180	185	200	225	240	255	280	300	320	360	380	380	380	380	380	380	380
	3700	»	181	200	220	240	260	280	310	340	370	430	500	560	630	700	700	700	700
	3600	»	»	»	»	»	269	280	310	340	370	430	500	520	540	550	550	550	550
Profil A.	2700-2800	»	160	165	175	190	200	220	245	270	290	330	340	340	340	340	340	340	340
Rampe	2600	»	130	135	150	170	187	200	224	250	270	310	320	320	320	320	320	320	320
caractéris-	2000	»	»	»	130	150	165	180	205	230	250	290	300	300	300	300	300	300	300
tique	2000	»	»	»	»	»	110	120	130	140	150	170	190	220	250	280	280	280	280
5 mm.	3000-3500	»	»	»	»	»	»	»	»	»	150	180	210	240	280	340	400	460	480
—	3101-3200	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	410	430	460	510	530
	4000	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	700	700	700	750
Limite	0201-0204	»	»	»	»	»	»	»	»	»	120	140	160	190	220	250	250	250	250
des	0221-0240	»	»	»	»	»	»	»	»	»	80	90	100	110	130	150	150	150	150
attelages	0241-0250	»	»	»	»	»	»	»	»	»	110	120	130	140	160	180	180	180	180
750 t.	0301-0305	»	»	»	»	»	»	»	»	»	130	160	190	220	260	320	380	380	380
	0306-0310	»	»	»	»	»	»	»	»	»	150	180	210	240	280	340	400	460	480
	0315-0317	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	210	250	300	300	300	300
	0318-0322	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	170	210	210	210	210	210
	0323-0325	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	160	190	230	280	280	280	280
	2950	230	290	300	315	330	340	350	360	370	385	405	430	430	430	430	430	430	430
	2900	»	180	185	200	225	240	255	280	300	320	350	380	380	380	380	380	380	380
	3700	»	180	200	220	240	260	280	310	340	370	430	500	550	610	650	680	700	700
	3600	»	»	»	»	»	260	280	310	340	370	430	500	520	540	550	550	550	550
Profil B.	2700-2800	»	160	165	175	190	200	220	242	270	290	320	340	340	340	340	340	340	340
Rampe	2600	»	130	135	150	170	180	200	225	250	270	300	320	320	320	320	320	320	320
caractéris-	2000	»	»	»	130	150	165	180	205	230	250	280	300	300	300	300	300	300	300
tique	2000	»	»	»	»	»	110	120	130	140	150	170	190	220	250	280	280	280	280
6 mm.	3000-3500	»	»	»	»	»	»	»	»	»	150	180	210	240	280	340	408	460	480
—	3101-3200	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	400	240	450	500	520
	4000	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	700	700	700	700
Limite	0201-0204	»	»	»	»	»	»	»	»	»	120	140	160	190	220	250	250	250	250
des	0221-0240	»	»	»	»	»	»	»	»	»	80	90	100	110	130	150	150	150	150
attelages	0241-0250	»	»	»	»	»	»	»	»	»	110	120	130	140	160	180	180	180	180
700 t.	0301-0305	»	»	»	»	»	»	»	»	»	130	160	190	220	260	320	370	370	370
	0306-0310	»	»	»	»	»	»	»	»	»	150	180	210	240	280	340	400	460	480
	0315-0317	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	310	250	300	300	300	300
	0318-0322	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	170	210	210	210	210	210
	0323-0325	»	»	»	«	»	»	»	»	»	»	»	160	190	230	280	280	280	280
	2950	210	275	285	310	320	330	340	350	360	370	385	410	410	410	410	410	410	410
	2900	»	170	175	190	210	225	240	265	285	300	340	360	360	360	360	360	360	360
	3700	»	175	190	210	230	250	265	290	315	335	370	430	465	550	600	600	600	600
	3600	»	»	»	»	»	220	230	270	290	310	350	420	450	500	510	510	510	510
Profil C.	2700-2800	»	150	155	165	180	190	205	230	255	270	310	340	340	340	340	340	340	340
Rampe	2600	»	125	130	145	160	170	185	210	225	250	290	320	320	320	320	320	320	320
caractéris-	2000	»	»	»	125	140	150	170	190	205	230	270	300	300	300	300	300	300	300
tique	2000	»	»	»	»	»	105	115	125	135	150	170	190	220	250	280	280	280	280
7 mm.	3000-3500	»	»	»	»	«	»	»	»	»	150	180	210	240	280	340	400	460	480
—	3101-3200	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	360	400	450	500	520
	4000	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	600	600	620	650
Limite	0201-0204	»	»	»	»	»	»	»	»	»	120	140	160	190	220	230	230	230	230
des	0221-0240	»	»	»	»	»	»	»	»	»	80	90	100	110	120	130	130	130	130
attelages	0241-0250	»	»	»	»	»	»	»	»	»	110	120	130	140	150	160	160	160	160
650 t.	0301-0305	»	»	»	»	»	»	»	»	»	130	160	190	220	260	320	360	360	360
	0306-0310	»	»	»	»	»	»	»	»	»	150	180	210	240	280	340	400	460	480
	0315-0317	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	180	210	250	290	290	290	290
	0318-0322	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	140	170	210	210	210	210	210
	0323-0325	»	»	»	»	»	»	«	»	»	»	»	160	190	230	270	270	270	270

NOTA. — Le tableau n° 1, dont nous ne reproduisons qu'une partie, donne les charges pour les profils A, B, C, D, E, F, G, H, I, K et L, dont le dernier a pour rampe caractéristique 16 mm. et au-dessus.

titre « Limite des attelages », sauf sur les parcours qui ne présentent pas de *rampes* d'une valeur égale à la rampe caractéristique du profil ; dans ce cas, on peut donner aux trains les charges indiquées au profil ayant pour rampe caractéristique la rampe maximum du parcours envisagé.

En cas de double traction, la charge du train peut être portée au total des charges des deux machines sous les conditions indiquées à l'alinéa précédent, en ce qui concerne les limites des attelages.

La charge des trains de marchandises en tonnes est calculée, en tenant compte de la tare des véhicules et de leur chargement, conformément aux indications des tableaux nos 2 et 3.

La charge des trains de voyageurs sera calculée d'après les indications du tableau n° 4.

Nota. — Les tableaux 2, 3 et 4, que nous ne reproduisons pas, donnent, le premier, les tares des véhicules et chargements applicables aux trains de marchandises, le second, les poids à vide et en charge des locomotives et tenders, le troisième, les poids moyens en charge à compter pour les véhicules à grande vitesse entrant dans la composition des trains de voyageurs.

ANNEXE C

CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT. — EXPLOITATION. MOUVEMENT

ORDRE DE SERVICE N° 736

Du 5 Novembre 1901.

FORMATION, COMPOSITION ET CHARGE DES TRAINS

Titre premier. — **Formation et composition des trains.**

Article premier. — Au point de vue de la sécurité, la composition des trains est soumise aux règlements généraux dont les prescriptions doivent être rigoureusement observées par les agents des gares et des trains.

Feuille de mouvement du matériel. — Art. 2. — Tout wagon entrant dans la composition d'un train est inscrit sur une feuille appelée Feuille de mouvement du matériel.

Cette inscription comprend :

Le numéro et la série du wagon ;

Le nom de la compagnie propriétaire ;

La nature du chargement ;

La destination définitive ;

La tare du wagon ;

Le poids de son contenu en tonnes et dixièmes de tonnes ;

Le poids total ;

L'indication de la gare de départ et de la gare d'arrivée du wagon.

Cette dernière indication est donnée par le poinçonnage du numéro de ces gares dans les colonnes « *pris à...* » et « *laissé à...* ».

Le poinçon doit être apposé de manière que tous les chiffres puissent être lus sans qu'il soit nécessaire de retourner la feuille dans plusieurs sens.

Lorsque l'empreinte ne ressort pas suffisamment, elle doit être reproduite dans la colonne *Observations* en regard du numéro du wagon pris ou laissé.

On indique dans la colonne *Observations* sous la rubrique PLOMBÉ les wagons plombés ; on indique aussi dans cette colonne les wagons différés, avec mention du motif, ainsi que les réserves pour agrès manquants ou avaries, pour chargement défectueux, etc.

ART. 3. — La feuille de mouvement du matériel est remise au chef de train PAR LA GARE D'ORIGINE DU TRAIN. Cette gare y inscrit préalablement la date du départ, le numéro du train, son parcours, les noms du chef de train et des gardes-freins, ainsi que toutes les indications concernant les wagons qui composent le train au départ. La gare d'origine inscrit les wagons, dans l'ordre exact de leur attelage, sur la feuille de mouvement du matériel, qu'elle décalque.

Pour les trains de grand parcours qui chevauchent sur plusieurs journées, c'est-à-dire qui, partant le 1er juin, n'arrivent à destination que le 2, par exemple, les feuilles de mouvement doivent porter la date du 1/2 juin. La même règle est applicable à toutes les écritures du train, feuilles de marche, bulletins de traction, etc.

Gares de formation. Gares intermédiaires. — ART. 4. — On appelle *gares de formation* certaines gares chargées de régler la composition et le classement des trains sur une section déterminée dite « section de formation ». La gare d'origine d'un train est nécessairement gare de formation pour ce train.

Les gares comprises entre deux gares de formation consécutives sont dites « gares intermédiaires ».

Une circulaire du chef de l'exploitation donne la nomenclature de toutes les gares du réseau de l'État, d'après leur ordre dans les sections, et indique pour chaque section les gares de formation des trains.

Les gares de formation sont responsables de la composition, du classement et de l'utilisation des trains.

En règle générale, les gares de formation doivent s'attacher à toujours compléter, soit au départ, soit par la prise de route, chacun des trains qu'elles expédient, en tenant compte des prescriptions des règlements généraux relatives au poids du chargement des wagons de marchandises attelés aux trains de voyageurs ou mixtes et des dispositions spéciales contenues dans l'instruction pour l'utilisation des trains.

Gares de relais. — ART. 5. — Lorsqu'un wagon est laissé à une gare intermédiaire située sur une section desservie de bout en bout par certains trains, cette gare est dite *gare de relais* pour le wagon en question.

Ainsi, par exemple, Cognac est gare de relais pour un wagon à destination d'Angoulême, remis par Saintes à un train mourant à Cognac.

De même, Saintes est gare de relais pour un wagon arrivé de la direction de Bordeaux à destination de Nantes, par un train de détail, pour être réexpédié de Saintes par un train de grand parcours de Bordeaux à Nantes.

ART. 6. — Les wagons pris en cours de route dans les gares intermédiaires sont inscrits sur les feuilles de mouvement par les soins du chef de train à qui incombe l'obligation de faire constater avec la plus grande exactitude les adjonctions et les retraits de wagons au moyen du poinçon des gares où ils ont lieu.

ART. 7. — Les feuilles de mouvement du matériel, certifiées par le chef de train et vérifiées par le chef de gare d'arrivée, doivent être adressées chaque jour par ce dernier à l'inspecteur principal en même temps que le rapport journalier.

TITRE II. — Charge des trains.

ART. 8. — La charge des trains de toute nature circulant sur le réseau de l'État est comptée d'après le poids des wagons remorqués.

Pour établir le poids d'un wagon chargé, il faut tenir compte de deux éléments :

1° Tare ou poids du véhicule vide ;

2° Poids du chargement.

Tare des véhicules. — Art. 9. — La tare ou le poids des véhicules vides entrant dans la composition des trains est relevé de la manière suivante :

Pour les véhicules de grande vitesse appartenant au réseau de l'État, et autres que les voitures à voyageurs et les wagons-poste, c'est-à-dire pour les véhicules des séries D^f, D^fx, D^fP, E, Ex, T, Tx et Ux, ainsi que pour les wagons des séries Gx et G^fx munis de freins continus, on adopte la tare conventionnelle de 7,6 tonnes. Pour les fourgons série DD^f, on adopte la tare conventionnelle de 11,6 tonnes.

Pour les autres véhicules de grande vitesse appartenant au réseau de l'État (wagons-poste et voitures à voyageurs de tous types : salons, restaurants, voitures à boggies, voitures lits-toilette, voitures mixtes et voitures de toutes classes, à étage ou non), on prend la tare indiquée sur chaque véhicule.

Pour le matériel de grande vitesse n'appartenant pas au réseau de l'État, on prend aussi la tare indiquée sur les véhicules. A défaut de cette indication, on compte le poids d'après la tare des véhicules de même nature appartenant au réseau de l'État. Toutefois, le poids sera compté comme suit pour les voitures ou wagons ci-après désignés :

Wagons lits	27 tonnes.
Wagons-poste ordinaires. — Voitures cellulaires.	9,5 —
— à grand écartement d'essieux.	16 —

Art. 10. — Pour le matériel de petite vitesse n'appartenant pas au réseau de l'État, on prend la tare conventionnelle indiquée dans le tableau ci-après pour les différentes natures de véhicules :

LETTRES DE SÉRIES	DÉSIGNATION DES VEHICULES	TARE (tonnes).
G, G^f, Gx, G^fx	Wagons couverts à marchandises, avec ou sans frein à vis (non munis de freins contenus).	7 tonnes.
H, H^f, Hx, H^fx	Wagons à houille, avec ou sans frein à vis	
M, M^f, Mx	Wagons plats, à hausse de tête mobile, avec ou sans frein à vis (transport de pierres)	
M^t, M^tx	Wagons plats, pour le transport des bois	6 —
N, N^f, Nx, N^fx	Wagons plates-formes, avec ou sans frein à vis . . .	
N^cx	Wagons plats, pour le transport du charbon de bois.	
P, P^f, Px, P^fx V, V^f, Vx, V^fx	Wagons à ballast, avec ou sans frein à vis	
HHx, HH^fx	Wagons à houille avec ou sans frein à vis.	9 —
Lx	Wagons évidés.	9 —
K	Wagons pour transport de canons	7,5 —
P^{ca}	Wagons à cuve ambulante.	
Mg	Wagons accumulateurs à gaz	11 —
R	Wagons à tarer les bascules.	6,5 —
S, Sx	Wagons de secours	13 —
Z	Wagons-tamponneurs pour grues roulantes	3,5 —
Y	Grues roulantes.	15 —

Pour le matériel de petite vitesse n'appartenant pas au réseau de l'État, on prend la tare conventionnelle des véhicules de même nature appartenant au réseau de l'État.

Poids moyen des véhicules en charge. — Art. 11. — Le tableau ci-après fixe le poids moyen à compter pour les véhicules en charge lorsque le chargement ne peut être exac-

tement évalué par les gares, en raison de sa nature et des modifications que ce chargement est susceptible de subir en cours de route. Le poids moyen fixé par ce tableau doit être attribué à chaque wagon chargé, quel que soit d'ailleurs le poids effectif de son chargement, lorsque ce poids doit varier en cours de route. Les chargements de marchandises sont au contraire comptés pour leur poids réel, toutes les fois qu'il s'agit de wagons dont la charge ne doit subir aucune modification en cours de route.

DÉSIGNATION DES VÉHICULES	POIDS MOYEN en charge.
1° *Véhicules de grande vitesse.*	
Voitures de luxe dites « Salons » nos 1, 3 et 4	15 tonnes.
Voitures de luxe dites « Salons » nos 2 et 5	12 —
Voitures à boggies, à Ay, By, Cfy, et voitures-restaurants	30 —
Voitures ALz et ACz	20 —
Voitures Az, Bz, BCz et C'z	19 —
Voitures Axx, Bxx et Cxx	17,5 —
Voitures Ax, ABx, Bx, Cx, C'x, ABCE et ABCE'	12 —
Voitures A, AB, AB', ABC, ABC', B, BC, BC', C et C'	9,5 —
Fourgons à bagages Dx, D'x et D'P	11 —
Fourgons à bagages DD'x	15 —
Wagons-poste WP. ordinaires	11,5 —
Wagons-poste WP. à grand empattement	18,5 —
Wagons écuries	9 —
Wagons à marée et à lait, trucks à équipages	11 —
Wagons couverts à marchandises	12 —
2° *Véhicules à petite vitesse.*	
Wagons non couverts. Wagons à houille	12 —
Wagons non couverts. — plats à hausse de tête mobile	10 —
Wagons non couverts. — pour le transport des bois	10 —
Wagons non couverts. — pour le transport du charbon de bois	10 —
Wagons non couverts. — plates-formes	10 —
Wagons non couverts. — à ballast	12 —
Wagons couverts à marchandises (2)	12 —
Wagons à houille de 20 tonnes	20 —
Wagons évidés	20 —
Wagons à cuve ambulante	15,5 —
Wagons à tarer les bascules : Wagon poids	14,5 —
Wagons à tarer les bascules : Wagon allège	11 —
Wagons pour transport de canons	32,5 —

Il ne doit être compté aucun poids pour le chargement des *wagons accumulateurs à gaz, grues roulantes, wagons tamponneurs* et *wagons de secours* dont la tare comprend le poids des agrès et accessoires.

De même, pour les *wagons à cuve ambulante* circulant à vide, on ne doit compter que la tare de ces véhicules.

Il est d'ailleurs rappelé que, lorsque les wagons VOIE sont admis dans les trains de l'Exploitation, leur chargement est limité aux trois quarts de la charge maxima admise pour ces véhicules : c'est ce poids limite qui, le cas échéant, doit être compté pour les wagons à ballast chargés, entrant dans la composition des trains de l'exploitation.

Toutefois, et par exception, le chargement des wagons V et Vf nos 19502 à 19544, 19547 à 19673, et 19812 à 19851 peut au contraire être complété à 10 tonnes, même quand ces wagons circulent dans les trains de l'exploitation.

Poids des machines froides et des tenders. — ART. 12. — Le tableau ci-après fixe les

poids à compter pour la tare et le chargement des machines froides et tenders entrant dans la composition des trains[1].

DÉSIGNATION DES VÉHICULES	NUMÉROS	TARE à vide (tonnes).	POIDS maximum en charge (tonnes).
		t.	t.
Locomotives à 2 essieux accouplés	2000 et 2500 ordinaires	33	36
	2000, 2500 et 2601 renforcées (essieu porteur à l'arrière)	39	43
	2600, 2620, 2700 et 2750	45	50
	2800 et 2850	50	54
	2900	59	65
Locomotives à 3 essieux accouplés, grandes roues	3700	55	59,5
Locomotives mixtes à 3 essieux accouplés	3001 à 3008	32	36
	3009 et 3010	25,5	28,5
	3021 à 3100, 3300 à 3569	29	33
Locomotives à 3 essieux accouplés. Marchandises	3101 à 3104	34,5	39,5
	3121 à 3206	32	36
	3281 à 3282	34	39
Locomotives à 4 essieux accouplés	4001 à 4040	46,5	53,5
Locomotives-tenders à 2 essieux accouplés	0201 à 0204	29	35
	0207	20,5	27,5
	0208 à 0209	11	15
Locomotives-tenders. Fourgons à 2 essieux accouplés	0231 à 0240	21,5	28,5
	0221 à 0230	21,5	26,5
	0241 à 0250	27	33,5
Locomotives-tenders à 3 essieux accouplés	0301 à 0310	30,5	38,5
	0311 à 0313	25	33
	0314	22	28
	0315 à 0317	23	30
	0318 à 0322	21	27
	0323 à 0325	18	25
Tenders à 2 essieux	2000, 3000 et 4000 ordinaires	11	22
	2700 et 2750 ordinaires	13,5	29,5
Tenders à 3 essieux	3700	16	37
Tenders à 2 boggies	2700 B et 2750 B	21,5	49,5
	2800 et 2900	19,5	40

Feuilles de tonnage. — ART. 13. — Tout wagon chargé de marchandises de petite vitesse doit être accompagné d'une FEUILLE DE TONNAGE DE WAGONS, de couleur grise ou de couleur rose, créée par la gare expéditrice.

La feuille de tonnage, de couleur grise, s'applique aux wagons chargés pour une seule et même destination. Tous les wagons partant d'une gare avec un chargement complet pour une même destination peuvent être portés sur la même feuille.

La feuille de tonnage, de couleur rose, est à l'usage des wagons contenant des marchandises pour différentes destinations.

Toute feuille de tonnage de wagons doit indiquer :

1° Le numéro et la série du wagon ou des wagons qu'elle accompagne ;

2° Le poids du chargement de chaque wagon par destination ;

3° Le poids total de son chargement ;

4° La nature du chargement dans la colonne « Observation ».

[1] Les machines froides doivent toujours être placées en tête des trains de marchandises, immédiatement après la machine en feu. Les tenders expédiés isolément doivent, autant que possible, être placés en queue des trains, les tampons d'arrière contre ceux du dernier wagon.

Sur les feuilles de tonnage qui comprennent plusieurs wagons, ces différents poids sont totalisés.

Pour son inscription sur la feuille de tonnage, le poids du chargement est compté en tonnes et dixièmes de tonne. Les fractions de dixièmes de tonnes sont négligées.

L'inscription des colis de détail pris en route est faite sur les feuilles de tonnage par le chef de gare.

Les gares destinataires émargent la feuille de tonnage à l'aide de leur poinçon, en regard de l'inscription des bordereaux de chargement relatifs aux marchandises qui leur sont laissées.

Art. 14. — Les bordereaux de chargement et autres pièces devant accompagner la marchandise, en conformité des instructions en vigueur, sont joints, pour la remise au chef de train, aux feuilles de tonnage des wagons auxquels ils se rapportent. On indique sur la feuille de tonnage, dans la colonne réservée à cet effet, le nombre des bordereaux de chargement de chaque wagon.

Charge normale des trains. — Art. 15. — A chaque changement de service, les chefs de traction remettent aux inspecteurs principaux, et les chefs de dépôt remettent, aux chefs des gares de formation et de relais des machines, un tableau indiquant, pour les trains réguliers de toute nature, les séries de machines qui doivent desservir chacun de ces trains. Les mêmes renseignements sont fournis par les chefs de traction et par les chefs de dépôt aux inspecteurs principaux et aux chefs de gare en cas de régularisation des trains facultatifs.

Limite des attelages. — Art. 16. — Les ordres de service du matériel et de la Traction qui font connaître la charge normale des machines, c'est-à-dire le poids que chacune d'elles peut remorquer, suivant la vitesse de marche des trains, sur les différentes sections ou coupures de section où elle est appelée à circuler, indiquent, en outre, pour chaque section ou coupure de section, sous la désignation *limite des attelages*, la charge qui ne peut être dépassée sans compromettre la sécurité.

En cas de double traction, la charge d'un train peut être portée au total des charges des deux machines, sans toutefois dépasser le chiffre prévu comme *limite des attelages*.

Bulletin de réduction ou d'augmentation de charge. — Art. 17. — Quand, par suite d'un changement de machine ou pour toute autre cause, la charge normale d'un train doit être réduite ou peut être augmentée, le chef de dépôt en donne avis au chef de gare par BULLETIN DE RÉDUCTION OU D'AUGMENTATION DE CHARGE, le plus tôt possible, et en tous cas une heure au moins avant le départ du train. Cette disposition est applicable aux trains à double traction.

Mise en marche des trains facultatifs ou spéciaux. — Art. 18. — Les demandes des machines nécessaires pour la mise en marche des trains facultatifs ou spéciaux doivent être faites par écrit aux chefs de dépôt, trois heures au moins avant l'heure réglementaire de départ de ces trains. Lorsque le dépôt est relié à la gare par le télégraphe ou le téléphone, les demandes de machines peuvent être faites par dépêche télégraphique ou téléphonique. Les dépêches sont inscrites au procès-verbal et le poste qui les reçoit (gare ou dépôt) en accuse réception en donnant le numéro d'inscription au procès-verbal.

En prévenant le dépôt de la nécessité de mettre en marche un train facultatif, la gare de formation doit se borner à indiquer la charge maxima que devra atteindre ce train, sans se préoccuper en quoi que ce soit de désigner la série dans laquelle devra être choisie la machine nécessaire pour le remorquer. C'est le chef de dépôt qui indique à la gare le numéro et la charge normale de la machine désignée pour remorquer le train.

Si le dépôt indique à la gare une machine dont la puissance est supérieure à la charge à remorquer, la gare doit rechercher immédiatement les moyens d'utiliser le mieux pos-

sible la puissance de cette machine. En cas d'impossibilité, elle expédie le train à charge incomplète, et inscrit, sur l'état justificatif des trains mis en marche, les motifs pour lesquels la puissance de la machine n'a pu être utilisée.

Si le dépôt indique au contraire une machine dont la puissance est inférieure à la charge à remorquer, la gare examine s'il lui est possible d'ajourner la différence de charge aux trains suivants ou même au lendemain.

Si cet ajournement est absolument impossible, mais dans ce cas seulement, la gare le fait savoir au dépôt, et réclame alors une autre machine ou la double traction; mais il doit être bien entendu qu'en principe la double traction ne doit être demandée que dans des cas d'urgence exceptionnelle et qui doivent être toujours justifiés d'office au rapport journalier.

Art. 19. — En principe, aucun train facultatif ne doit être mis en marche si la gare de formation ne peut le composer à charge complète, soit au départ, soit par la prise de route. Il ne sera admis d'exception à cette règle que pour les expéditions urgentes de bestiaux qu'il serait impossible de conduire à destination en temps utile par les trains réguliers. En conséquence, lorsqu'une gare de formation n'a pu expédier par les trains de voyageurs, par les trains mixtes, ou par les trains réguliers de marchandises, tous ses wagons chargés ou en répartition, elle doit les différer jusqu'au lendemain, à moins qu'elle n'ait la certitude que le lendemain la charge des trains réguliers sera encore complète. Les wagons différés seront acheminés à destination par les trains réguliers ou, à défaut, par un train facultatif mis en marche à pleine charge.

Toutefois, lorsqu'un dépôt aura à faire un retour de machine urgent, ce retour pourra s'effectuer par un train facultatif mis en marche, quand bien même l'ensemble des wagons à faire enlever par ce train n'atteindrait pas les 3/4 et même la moitié de sa charge normale. Il est d'ailleurs rappelé aux gares de formation qu'il est du plus haut intérêt pour l'administration que les chefs de gare et les chefs de dépôt se prêtent un mutuel concours pour arriver à la meilleure utilisation des trains et des machines.

État justificatif des trains mis en marche. — Chaque fois qu'une gare de formation met en marche un ou plusieurs trains facultatifs, elle établit séparément pour chaque section de formation un état justificatif indiquant pour chacun des trains mixtes et de marchandises, du jour et de la veille :

1° Le numéro de la machine;
2° La charge normale;
3° La charge effective;
4° La perte de charge;
5° La surcharge.

Lorsqu'un train est expédié par une gare de relais ou une gare intermédiaire d'une section de formation, la gare de formation établit l'état justificatif au moyen des renseignements que la gare intermédiaire, ou de relais, est tenue de lui fournir.

Les états justificatifs sont annexés au rapport journalier de la gare. L'inspection principale réunit tous les états justificatifs de l'arrondissement et les envoie, après les avoir annotés, au service de l'exploitation (mouvement).

Art. 20. — La charge normale d'un train ne peut être dépassée sur un point quelconque de son parcours qu'avec le consentement du mécanicien.

Demande d'augmentation de charge. — Art. 21. — Toute demande de surcharge est faite par le chef de gare, sous forme de réquisition, sur un carnet à souche modèle M n° 110. Si le mécanicien fait droit à cette réquisition, mention est faite de son acceptation sur ce carnet. S'il n'accepte qu'une partie de cette surcharge, le mécanicien inscrit la mention : « *Je n'accepte que..... T. de surcharge de..... à.....* »; ou « *je refuse toute surcharge pour cause de.....* » La gare reproduit ensuite ces indications sur la souche qu'elle détache pour la

remettre au mécanicien. Le mécanicien joint cette souche à son bulletin de traction. Mention de la surcharge acceptée est en outre faite sur la feuille de marche, par les soins du chef de gare.

Si au contraire le mécanicien refuse la surcharge, le chef de gare ne peut en aucun cas et sous aucun prétexte ajouter la surcharge au train. Il doit se borner à signaler le refus du mécanicien à son rapport journalier.

Lorsque la surcharge résulte de l'adjonction de voitures à voyageurs ou de transports urgents (bestiaux ou denrées), l'acceptation du mécanicien peut mentionner que la surcharge est mise d'office par la gare.

Note de distribution. — Art. 22. — Conformément aux dispositions de l'article 4, sur chaque section du réseau, la gare qui forme ou expédie un train en règle la composition et la charge tant au départ que sur tout le parcours de la section. A cet effet, elle remet au chef de train une NOTE DE DISTRIBUTION qui indique le nombre et les lettres de série des wagons vides et le nombre des wagons chargés à laisser ou à prendre aux gares intermédiaires où s'arrête le train.

Les indications portées sur cette note doivent être rigoureusement suivies, sauf les cas prévus à l'article 27 ci-après.

Wagons à faire prendre par les trains dans les gares intermédiaires. Demande de place. — Art. 23. — Les gares intermédiaires sont tenues de faire connaître à la gare de formation qui les précède le tonnage des wagons qu'elles ont à expédier. L'imprimé qui est en usage à cet effet est intitulé : DEMANDE DE PLACE. Il doit donner le numéro du train qui aura à prendre les wagons, le nombre des wagons, leurs lettres de série, leur poids et, s'ils sont chargés, le poids du chargement. Ces poids sont déterminés conformément aux articles 8, 9, 10 et 11 ci-dessus. On indique également le tarif appliqué à la marchandise.

Art. 24. — En règle générale, le bulletin de demande de place doit être envoyé chaque jour par le dernier train ; il est, dans tous les cas, nécessaire qu'il parvienne à la gare de formation quatre heures au moins avant le départ du train qui doit prendre les wagons.

Lorsqu'une gare intermédiaire a à expédier plusieurs wagons chargés de marchandises de petite vitesse de différente nature, il est utile qu'elle indique spécialement et séparément, sur le bulletin de demande de place, les wagons dont l'expédition est urgente, pour le cas où la gare de formation ne pourrait faire prendre la totalité des wagons par le train indiqué sur le bulletin de demande de place.

Il peut arriver qu'à l'heure où le bulletin de demande de place doit être envoyé à la gare de formation, un chef de gare intermédiaire ne soit pas en mesure de donner d'une manière précise le poids du chargement des wagons qu'il doit expédier en petite vitesse, soit que les marchandises n'aient été remises qu'en partie, soit qu'on les ait simplement annoncées ; dans ces circonstances, les gares intermédiaires établissent le poids du chargement au moyen des notes d'expédition, et, à défaut de ces pièces, elles portent, sur le bulletin de demande de place, le poids approximatifs des marchandises annoncées.

Pour les transports spécialement indiqués dans le tableau qui figure à l'article 10 du présent ordre, les poids à porter sur le bulletin de demande de place sont ceux fixés par le tableau ; on indiquera dans la colonne *Nature de la marchandise* la nature du chargement.

Art. 25. — Si une expédition devant former le chargement d'un ou de plusieurs wagons est remise ou annoncée à une gare intermédiaire après le départ du bulletin de demande de place, celle-ci peut en donner avis à la gare de formation par dépêche télégraphique ; dans ce cas, la dépêche indiquera le nombre des wagons, leur destination, le poids total des wagons, tare et chargement compris, ainsi que le numéro du train qui doit les prendre.

Art. 26. — Dans le cas où une gare de formation ne pourrait faire prendre, en totalité

ou en partie, les wagons d'une gare intermédiaire par le train indiqué sur le bulletin de demande de place, elle sera tenue d'en donner avis écrit à la gare intéressée, et de lui désigner le train dont elle pourra disposer pour enlever ces wagons. S'il n'était pas possible de faire parvenir en temps utile un avis écrit, cet avis devrait être remplacé par une dépêche télégraphique.

Adjonction aux trains de wagons qui ne sont pas portés sur la note de distribution. — ART. 27. — Une gare intermédiaire peut toujours ajouter à un train de passage des wagons qu'elle n'a pas annoncés à la gare de formation, lorsque la charge du train et les prises de route prévues par la note de distribution le permettent.

Si le train a déjà sa charge normale, ou s'il doit se compléter aux gares suivantes par les prises de routes indiquées sur la note de distribution, les wagons à expédier sont proposés au mécanicien à titre de surcharge, conformément aux prescriptions de l'article 21 ci-dessus.

Enfin, s'il s'agit de wagons chargés de bestiaux, ou de toute autre expédition urgente, on doit mettre les wagons au train à la place d'autres wagons pouvant être ajournés sans inconvénient.

Les gares ne doivent d'ailleurs rien négliger pour utiliser le mieux possible la puissance des machines, et donner au train toute la charge qu'elles peuvent remorquer d'après les instructions du service de la traction.

Lorsque la composition d'un train est modifiée par application des dispositions du présent article, le chef de train en tient compte en rectifiant les tonnages indiqués au crayon dans les col. 11 et 12 de la feuille de marche, ainsi qu'il sera dit à l'article ci-après.

Feuille de marche. — ART. 28. — Il est établi pour chaque train, et par section ou groupes de sections de formation, une FEUILLE DE MARCHE qui se compose de deux parties distinctes :

La première partie (recto de la feuille) est destinée à faire connaître les heures d'arrivée et de départ du train à chaque gare, ainsi que toutes les circonstances du trajet, incidents, ralentissements, arrêts imprévus, accidents, etc. Ces indications sont portées sur la feuille par le chef de train.

La deuxième partie (verso de la feuille) est intitulée : *Composition et charge du train.*

A la suite de la deuxième partie se trouve le *Rapport du chef de train.*

ART. 29. — Avant de remettre la feuille de marche au chef de train, la gare d'origine inscrit sur cette feuille le numéro du train, sa nature, la date et l'heure règlementaire de départ, les noms du chef de train, des gardes-freins, du mécanicien et du chauffeur et le numéro de la machine. Elle inscrit en outre, au verso de la feuille, la charge normale du train par coupure de section, et porte, dans le tableau à ce destiné, en regard du nom de la gare, les indications relatives à la composition et à la charge du train au départ, savoir :

Dans la colonne 2, le nombre de wagons composant le train ;

Dans la colonne 5, le poids de ces wagons ;

Dans la colonne 6, le poids de leur chargement ;

Dans la colonne 7, le poids total des wagons et de leur chargement.

Ce dernier poids, qui représente la charge du train au départ, est reporté *dans la colonne* 11.

ART. 30. — Les modifications à apporter en cours de route dans la composition et la charge du train, par suite de l'adjonction ou du retrait prévu à l'avance de wagons aux gares intermédiaires d'une section de formation, sont indiquées aussi sur la feuille de marche par les soins de la gare de formation. A cet effet, elle inscrit au crayon, en regard du nom de chaque gare où, d'après ses prévisions, des wagons doivent être laissés :

Dans la colonne 3, le nombre de wagons à laisser ;

Dans la colonne 8, le poids de ces wagons ;

Dans la colonne 9, le poids de leur chargement ;

Dans la colonne 10, le poids total des wagons et de leur chargement.

Ce dernier poids indique le tonnage des wagons à laisser.

La gare de formation opère de même pour les wagons à prendre dans les gares intermédiaires. Elle inscrit par conséquent au crayon sur la feuille de marche, en regard du nom de la gare où des wagons doivent être pris :

Dans la colonne 2, le nombre de wagons pris ;

Dans la colonne 5, le poids de ces wagons ;

Dans la colonne 6, le poids de leur chargement ;

Dans la colonne 7, le poids total des wagons et de leur chargement ;

Dans la colonne 11, la nouvelle charge du train.

Le chiffre le plus élevé de la colonne 11 indique la charge maximum qui doit être donnée au train. Il est ressorti très visiblement, au crayon, dans la colonne 12, en regard du nom de la gare où la charge maximum est atteinte. Il est indispensable que le chef de train connaisse ce chiffre pour le cas prévu à l'article 27 ci-dessus, où des gares intermédiaires auraient à expédier des wagons non annoncés à la gare de formation.

Art. 31. — Toute gare intermédiaire qui a à expédier plusieurs wagons chargés, ou des wagons vides, en fait connaître immédiatement le poids total au chef de train.

En comparant le poids total au tonnage des wagons à laisser porté d'avance sur la feuille de marche, le chef de train est immédiatement fixé sur l'importance de la charge dont le train sera augmenté ou diminué par le mouvement à opérer dans sa composition. Si le chef de train reconnaît que les wagons à ajouter au train doivent lui donner une charge supérieure à sa charge normale, il en informe de suite le chef de gare qui prend dans ce cas les mesures prescrites par les articles 21 et 27 ci-dessus.

Qu'il s'agisse de wagons à prendre ou de wagons à laisser, le chef de train n'a plus qu'à compléter ou à rectifier les indications portées à l'avance sur la feuille de marche et à les inscrire à l'encre. C'est à lui notamment qu'incombe le soin d'inscrire les wagons dont l'adjonction ou le retrait n'avaient pas été prévus par la gare de formation.

Art. 32. — Le nombre et le tonnage des wagons à prendre et à laisser sont indiqués à chaque gare au mécanicien, afin de lui faire connaître, avant le départ de la gare, les modifications apportées dans la composition et la charge du train. Le soin de faire cette communication au mécanicien incombe au chef de gare.

Relevé de la composition des trains à l'arrivée. — Art. 33. — Avant d'effectuer la remise de la feuille de marche à la gare d'arrivée, le chef de train y inscrit, en regard de la charge normale du train, la charge effective maxima par coupure de section. Il rédige son rapport et le transcrit en même temps que le relevé des wagons arrivés par le train et des freins servis sur le registre intitulé : *Relevé de la composition des trains à l'arrivée.* Les wagons sont inscrits sur ce registre dans l'ordre exact de leur attelage.

Art. 34. — Les feuilles de marche sont envoyées chaque jour à l'inspecteur principal qui les transmet, après les avoir vérifiées et établi le décompte des retards, au Service de l'Exploitation (Mouvement), en même temps que les feuilles de mouvement du matériel.

Chargement et déchargement des marchandises de petite vitesse au passage des trains. — Art. 35. — Pour les marchandises déchargées à une station intermédiaire, au passage d'un train, le chef de train remet au chef de gare les bordereaux de chargement et les autres pièces qui accompagnent les marchandises ; après en avoir fait la reconnaissance, le chef de station donne décharge au chef de train par le poinçonnage du numéro de la station sur la feuille de tonnage du wagon qui contenait les marchandises.

Le poinçon est appliqué dans la colonne intitulée *Émargement des gares destinataires*,

en regard du nom de la gare destinataire. Le chef de train doit biffer immédiatement sur la feuille de tonnage le poids des marchandises livrées.

Art. 36. — Pour les marchandises chargées dans un wagon au passage d'un train, le chef de gare remet au chef de train le bordereau de chargement et les autres pièces qui doivent l'accompagner. Ce dernier joint ces feuilles à la feuille de tonnage du wagon dans lequel les marchandises ont été placées et fait inscrire sur cette feuille par le chef de gare les indications que comporte ce chargement. Cette inscription constate la remise des marchandises au train.

Art. 37. — Les feuilles de tonnage de couleur rose des wagons chargés pour différentes destinations sont conservées sur chaque section par le chef de train, jusqu'à la gare extrême d'arrivée. Avant d'en faire la remise à cette gare, il rectifie le poids total du chargement inscrit sur les feuilles qui se rapportent à des wagons dont le chargement a été modifié en cours de route, soit que les marchandises qu'ils contenaient au départ aient été livrées en totalité ou en partie aux gares intermédiaires, soit que celles-ci aient chargé des colis dans ces wagons au passage du train. Le chef de train fera cette rectification en biffant, sur chaque feuille, le poids total primitif du chargement et en inscrivant au-dessous le poids nouveau qui s'obtient par l'addition des poids partiels non biffés.

Art. 38. — La gare d'arrivée opère de la manière suivante pour chacune des feuilles de tonnage reçues :

1° Si le wagon pour lequel la feuille de tonnage a été établie est en destination d'une gare au delà, et qu'il doive continuer, soit avec le chargement qu'il avait à l'arrivée, soit en y ajoutant de nouvelles marchandises, cette feuille, complétée s'il y a lieu, continue avec le wagon ;

2° Si le wagon est en destination de la gare elle-même, ou s'il passe au transbordement, la feuille de tonnage est annulée par l'inscription, en travers, de la mention suivante : *Wagon déchargé* (ou *transbordé*). Elle est conservée par la gare pendant trois mois pour aider aux recherches en cas de réclamation.

La gare peut toujours, s'il y a intérêt au point de vue de la manutention, laisser dans un wagon, dont le chargement est remanié, certaines marchandises pour former un nouveau chargement, mais elle doit créer une nouvelle feuille de tonnage.

Art. 39. — Les feuilles de tonnage de couleur grise des wagons chargés pour une seule et même destination sont remises à la gare d'arrivée en même temps que les wagons.

Art. 40. — Autant que possible, tous les wagons compris sur une même feuille de tonnage doivent être expédiés par le même train, et parvenir ensemble à la gare destinataire.

Lorsqu'une gare se trouve dans la nécessité de différer soit au départ, soit en cours de route, l'envoi d'une partie des wagons portés sur la même feuille de tonnage, elle doit retenir les bordereaux de chargement de ces wagons et inscrire dans la colonne « *Observations* » de la feuille de tonnage, en regard du numéro de chaque wagon, la mention « *Différé à...* » ; elle biffe en outre sur la feuille le poids de leur chargement et rectifie le poids total des chargements.

La gare qui diffère ainsi une partie des wagons afférents à une même expédition doit créer une nouvelle feuille de tonnage pour les wagons différés.

Paris, le 5 novembre 1901.

ANNEXES DE LA SIXIÈME PARTIE

ANNEXE A

CALCUL DE LA RÉSISTANCE DES RAILS POUR LIGNES A VOIE ÉTROITE

Le travail du métal dans les rails varie suivant l'espacement des traverses ; pour une même pose de voie, il y a donc à considérer deux cas : 1° celui des portées intermédiaires ; 2° celui des portées de joint.

On peut, dans le premier cas, considérer le rail comme un solide reposant sur deux appuis de niveau et encastré à ses deux extrémités ; le travail maximum a lieu au droit des appuis et lorsque la charge se trouve placée au tiers de la longueur.

Ce travail, R, en kilogrammes par millimètre carré de la section du rail, est donné par la formule générale

$$R = M . \frac{V}{I},$$

dans laquelle

M, représente le moment fléchissant maximum ;

V, la distance entre les fibres extrêmes et la fibre moyenne ;

I, le moment d'inertie de la section du rail, par rapport à son centre de gravité.

Or, dans le cas actuel, on a

$$M = \frac{4}{27} . Pa,$$

en appelant

P la charge maxima,

a, la distance des points d'appui.

Donc

$$R = \frac{4}{27} . \frac{VPa}{I} . \qquad (1)$$

Dans le cas des portées de joint, l'éclissage étant supposé en porte-à-faux et le joint placé au milieu de l'intervalle des traverses, chaque about de rail peut être considéré comme un solide encastré à l'une de ses extrémités seulement. Le travail sera maximum à l'aplomb de chaque traverse et il se produira quand la charge sera appliquée au-dessus du joint. A ce moment, le poids P se répartit également, par suite de la présence des éclisses, entre les deux abouts de rail, de sorte que chacun d'eux supporte un poids $\frac{P}{2}$; la formule qui donne l'effort maximum est donc :

$$R = \frac{1}{4} . \frac{V\,Pa}{I}, \qquad (2)$$

a désignant toujours la distance des points d'appui.

Appliquons les formules (1) et (2) aux différents types de rails que nous avons considérés.

1° *Rail Vignole de 21 kilogrammes au mètre courant.* — Nous admettrons que les machines les plus lourdes qui doivent circuler sur ce rail pèsent 24 tonnes, avec un poids maximum de 8 tonnes sur l'essieu le plus chargé, soit 4 000 kilogrammes par roue.

On a donc

$$P = 4\,000 \text{ kg.}$$
$$I = 0{,}000\,003\,453\,022,$$
$$V = 0{,}049 \text{ m.}$$

On en tire

$$\frac{V}{I} = 14\,335.$$

Dès lors, le travail du métal pour les portées intermédiaires est donné par la formule (1), qui devient :

$$R = 8.495.000 \times a.$$

Si on fait varier a de 1 mètre à 0,50 m., on trouve les résultats suivants :

Valeurs de a. écartement d'axe en axe des traverses.	Valeurs de R par millimètre carré de section.
1 m.	8,495 kg.
0,95 m.	8,070 —
0,90 —	7,645 —
0,85 —	7,221 —
0,80 —	6,796 —
0,75 —	6,371 —
0,70 —	5,946 —
0,65 —	5,523 —
0,60 —	5,097 —
0,55 —	4,672 —
0,50 —	4,247 —

Le travail, aux portées de joint, est donné par la formule (2), qui devient :

$$R = 14.335.000 \times a.$$

Faisant varier a de 0,75 m. à 0,40 m., on trouve les résultats suivants :

Valeurs de a.	Valeurs de R par millimètre carré de section.
0,75 m.	10,751 kg.
0,70 —	10,034 —
0,65 —	9,318 —
0,50 —	8,601 —
0,55 —	7,884 —
0,50 —	7,167 —
0,45 —	6,451 —
0,40 —	5,734 —

2° *Rail Bulheaded de 23 kilogrammes au mètre courant.* — Les formules à appliquer sont les mêmes que précédemment, mais on peut prendre pour a, au lieu de la distance des traverses d'axe en axe, l'intervalle compris entre les bords intérieurs des coussinets.

On a donc

$$P = 4\,000 \text{ kg.}$$
$$I = 0{,}000\,003\,587,$$
$$V = 0{,}0525 \text{ m.}$$

On en tire

$$\frac{V}{I} = 14\,636.$$

En admettant 0,85 m. pour l'écartement d'axe en axe des traverses intermédiaires et 0,13 pour la largeur des coussinets, on aura

$$a = 0{,}72 \text{ m.}$$

Dès lors

$$R = \frac{4}{27} \times 14\,636 \times 4\,000 \times 0{,}72.$$

D'où

$$R = 6{,}245 \text{ kg. par millimètre carré.}$$

En supposant les traverses de joint écartées de 0,55 m. et retranchant la largeur du coussinet, on a pour le travail du métal aux portées de joint :

$$R = \frac{1}{4} \times 14\,636 \times 4\,000 \times 0{,}42.$$

D'où l'on tire

$$R = 6{,}147 \text{ kg. par millimètre carré.}$$

3° *Rail à patin de 18 kilogrammes au mètre courant.* — Les machines les plus lourdes destinées à circuler sur ce type de voie, adopté par la compagnie des chemins de fer départementaux pour le réseau sud d'Indre-et-Loire, sont celles de la ligne d'Angoulême à Rouillac, dont le poids total en ordre de marche est de 22 400 kilogrammes, et se répartit de la manière suivante :

Essieu radial d'avant	5 300 kg.
Premier essieu couplé	5 550 —
Deuxième essieu couplé	5 550 —
Troisième essieu couplé (moteur).	6 000 —
Poids total.	22 400 kg.

On a donc

$$P = 3\,000 \text{ kg.}$$

Les rails, de 8 mètres de longueur, sont posés sur dix traverses; chaque joint se trouve compris entre deux traverses distantes de 0,50 m. d'axe en axe; les traverses intermédiaires sont espacées de 0,8337 m.

On a, d'ailleurs, avec le profil du rail considéré :

$$\frac{I}{V} = 0{,}000\,0543.$$

Dès lors, le travail du métal, aux portées intermédiaires, est

$$R = \frac{4}{27} \times \frac{3\,000 \times 0{,}8337}{0{,}000\,0543},$$

ou

$$R = 6{,}82 \text{ kg. par millimètre carré.}$$

Aux portées de joint, on a

$$R = \frac{1}{4} \times \frac{3\,000 \times 0{,}50}{0{,}000\,0543},$$

ou

$$R = 6{,}91 \text{ kg. par millimètre carré.}$$

4° *Rail à patin de 15 kilogrammes au mètre courant.* — Le rail à patin des tramways de Loir-et-Cher, de 8 mètres de longueur, est posé sur dix traverses dans les alignements droits et dans les courbes à grand rayon ; l'espacement d'axe en axe des traverses est de 0,625 m. au joint et de 0,82 m. pour les portées intermédiaires.

Dans les courbes à faible rayon, le nombre des traverses est porté à onze et les espacements sont de 0,505 m. au joint, de 0,75 m. pour les traverses intermédiaires.

Nous calculerons donc le travail du métal dans les deux hypothèses.

Les locomotives employées sont à trois essieux couplés ; elles pèsent 14 700 kilogrammes en ordre de marche, soit 4 900 kilogrammes par essieu.

On a donc

$$P = 2\,450 \text{ kg.}$$

D'ailleurs

$$\frac{V}{I} = 24\,643.$$

On a donc, aux portées intermédiaires :

$$\text{Pour } a = 0{,}82 \text{ m., } R = \frac{4}{27} \times 24\,643 \times 2\,450 \times 0{,}82 = 7{,}33 \text{ kg. par mm}^2.$$

$$\text{Pour } a = 0{,}75, \; R = \frac{4}{27} \times 24\,643 \times 2\,450 \times 0{,}75 = 6{,}70 \text{ par mm}^2.$$

Aux portées de joint, on a

$$\text{Pour } a = 0{,}625 \text{ m., } R = \frac{1}{4} \times 24\,643 \times 2\,450 \times 0{,}625 = 9{,}43 \text{ kg. par mm}^2.$$

$$\text{Pour } a = 0{,}505, \; R = \frac{1}{4} \times 24\,643 \times 2\,450 \times 0{,}505 = 7{,}62 \text{ kg. par mm}^2.$$

ANNEXE B

TRAMWAYS DE LOIR-ET-CHER

Instruction pour la pose de la voie de 1 mètre de largeur en rails Vignole d'acier, de 8 mètres de longueur, pesant 15 kilogrammes le mètre courant.

§ 1er. — Description de la voie

Largeur de la voie. — La largeur de la voie pour la pose courante, mesurée entre les bords intérieurs des champignons des rails, sera uniformément de 1 mètre, aussi bien dans les parties en ligne droite que dans celles en courbes, même à faible rayon.

Dans certains cas et par ordre spécial seulement, cette largeur pourra être réduite à 0,99 m.

Inclinaison du rail. — Les rails seront posés avec une inclinaison de $\frac{1}{20}$ vers l'intérieur de la voie.

Surhaussement du rail extérieur dans les courbes. — Dans les courbes, le rail extérieur sera plus élevé que le rail intérieur, d'une quantité variable, en raison directe de la vitesse, et en raison inverse du rayon, afin de combattre l'action de la force centrifuge et de toutes les forces horizontales qui tendent à rejeter les véhicules vers le rail extérieur.

On se conformera au tableau suivant [1] :

RAYON des courbes R	SURHAUSSEMENT ou dévers. h	VITESSES maxima correspondantes. V	OBSERVATIONS
		km.	
50	0,12	10	Avec le maximum de dévers adopté 0,12, les courbes d'un rayon inférieur à 200 mètres ne peuvent être parcourues qu'avec les vitesses réduites indiquées au tableau.
75	0,12	15	
100	0,12	20	
150	0,12	30	
200	0,12	40	
250	0,096	40	Avec les dévers indiqués au tableau, toutes les courbes de 200 mètres et d'un rayon supérieur peuvent être parcourues avec la vitesse maximum de 40 kilomètres à l'heure.
300	0,080	40	
350	0,0686	40	
400	0,06	40	
500	0,048	40	
600	0,04	40	
700	0,0343	40	
800	0,03	40	
900	0,0266	40	
1 000	0,024	40	

Le rail extérieur sera élevé au-dessus de l'axe de la voie de la moitié du surhaussement, et le rail intérieur sera abaissé de la même quantité, afin que le niveau de l'axe de la voie ne varie pas en hauteur.

Le surhaussement sera supprimé dans les courbes de raccordement entre les changements et croisements de voie, et aussi dans les parties de voie posées dans les traversées de village, où la vitesse est très faible et où la voie doit épouser le profil transversal des chaussées.

Raccordement des dévers. — Pour raccorder les courbes avec les alignements, on répartira les dévers moitié sur l'alignement et moitié sur la courbe, sur une longueur maximum de 12 mètres environ de chaque côté du point de tangence, de manière à racheter la différence de hauteur au moyen d'une inclinaison ne dépassant pas 0,005 m. par mètre.

Afin de ménager la transition de la courbe avec l'alignement droit, il suffira en pratique de donner un coup de pince, de manière à aplatir légèrement la courbe à l'origine du raccordement [2].

[1] Le surhaussement h a été déterminé par la formule $h = 0,6 \frac{V}{R}$ qui est celle du P.-L.-M., avec une réduction de 1/3, pour tenir compte de la différence de largeur des voies. On a pris pour V la vitesse de 40 kilomètres à l'heure, supérieure à la vitesse réelle, ce qui donne $h = \frac{24}{H}$. On a admis pour dévers maximum 0,12, ce qui conduit à parcourir les courbes d'un rayon inférieur à 200 mètres avec des vitesses réduites, résultant de la formule $0,12 = 0,6 \frac{V}{R}$, d'où $V = 0,2$ R.

[2] Les raccordements paraboliques sont des solutions théoriques assujettissantes et inutiles. Elles sont difficiles à établir et ne sont point maintenues à l'entretien courant. (Note de la Cie des tramways de Loir-et-Cher.)

Raccordement des déclivités. — L'angle formé par deux déclivités successives sera adouci par une déclivité moyenne, de manière à faire disparaître par une courbe le sommet d'angle formé par la rencontre des déclivités entre elles ou avec les paliers.

§ 2. — Composition de la voie

Longueur des rails. — Le rail adopté est du modèle Vignole ; il est en acier et son poids est de 15 kilogrammes par mètre courant ; la longueur *normale* de chaque rail est de 8 mètres.

Dans les courbes, pour racheter la différence de développement existant entre les deux files de rails, il sera placé dans la file intérieure des rails de 7,90 m. de longueur, dits : *rails courts*. Les extrémités de ces rails courts seront peintes en rouge.

Pour les changements et croisements de voies, il y aura d'autres coupures qui seront indiquées et détaillées sur les dessins spéciaux.

En outre, pour faciliter la fabrication, il sera admis une certaine quantité de rails de longueur réduite à 7 mètres et 6 mètres.

Autant que possible, ces rails, de longueur réduite, seront employés dans les voies de chantier, de ballastière, et dans les voies de service des gares, ainsi que pour les raccords et coupures.

Si, en raison de leur quantité, on se trouve dans la nécessité d'en employer dans la voie principale, ils seront placés exclusivement dans les parties en alignement droit.

Ecartement des traverses. — La voie sera posée à joints concordants, avec éclisses en porte-à-faux et traverses intermédiaires.

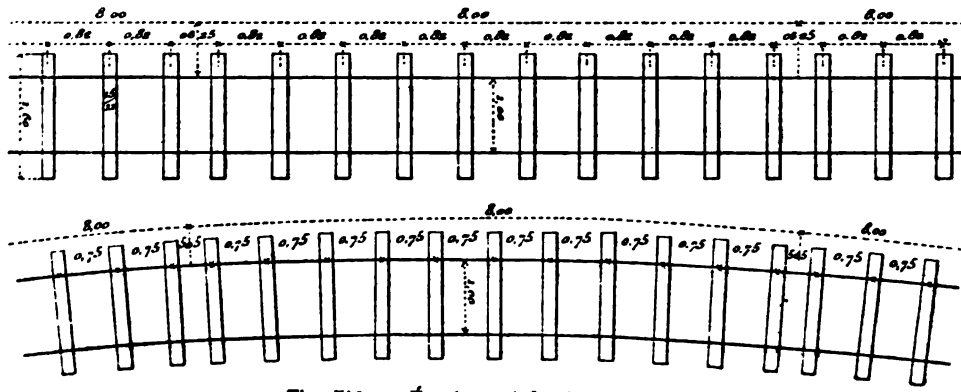


Fig. 710. — Écartement des traverses.

Dans les alignements et les courbes à grand rayon, le nombre de traverses employées sera de dix par longueur de rail de 8 mètres.

Dans les courbes à faible rayon, et dans certaines parties en alignement droit, spécialement désignées, le nombre de ces traverses sera porté à onze par longueur de 8 mètres.

Dans ces deux cas, les traverses seront disposées conformément aux indications des croquis ci-dessus (fig. 710).

Avec dix traverses, chaque joint se trouve compris entre deux traverses distantes de 0,625 m. les autres traverses étant espacées l'une de l'autre de 0,82 m. d'axe en axe.

Suite de la note 2, page 461.

Pratiquement, le passage immédiat de l'alignement à l'arc de cercle est aussi satisfaisant que le raccordement avec une courbe progressive.

Voy. *Raccordement des courbes avec les alignements*, par Jules Michel. *Revue générale des Chemins de fer*, novembre 1879.

Avec onze traverses, chaque joint se trouve compris entre deux traverses distantes de 0,505 m., les autres traverses étant espacées l'une de l'autre de 0,75 m. d'axe en axe.

Avec d'autres coupures, l'espacement des traverses ne devra jamais être supérieur à 0,82 m. pour les traverses intermédiaires et à 0,625 m. pour les traverses de contre-joints.

Eclisses. — Les rails seront reliés l'un à l'autre au moyen d'éclisses à patin.

Dans les changements de voies et les parties à contre-rails, l'éclisse intérieure sera une éclisse simple sans patin.

Les écrous des boulons d'éclisses se placeront à l'intérieur de la voie.

Règlement des joints. — Les éclisses seront placées de manière à ménager dans les joints des rails le jeu nécessaire pour laisser la dilatation s'opérer.

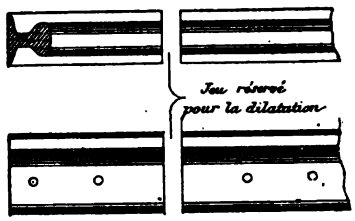


Fig. 711. — Règlement des joints.

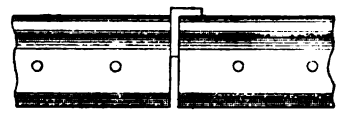


Fig. 712. — Cale pour régler les joints.

L'ouverture des joints se réglera comme suit, d'après la température observée à l'ombre :

Pour toute température	au-dessous de 0°	0,005 m.
—	de 0° à 15°	0,004 —
—	de 15° à 25°	0,003 —
—	de 25° à 35°	0,002 —

Au-dessus de 35°, les rails pourront se toucher au moment de la pose.

En conséquence, on devra toujours avoir, dans les ateliers de pose, des cales en fer de 5, 4, 3 et 2 millimètres d'épaisseur, et s'en servir pour régler les joints.

Pour les rails de moins de 8 mètres de longueur, ce jeu sera réduit proportionnellement à la longueur du rail.

Chaque cale de joint ne pourra être enlevée qu'après la pose complète de quatre rails en avant de cette cale.

Emploi des rails courts dans les courbes. — Les joints des rails seront placés sur chaque file au droit l'un de l'autre, c'est-à-dire sur une même normale à l'axe de la voie.

Dans les parties de voie en alignement droit, cette condition peut être facilement et exactement remplie.

Il n'en est pas de même dans les courbes, à moins d'employer pour chaque rayon de courbe, dans la file intérieure, un rail court, correspondant à chaque rail de 8 mètres de la file extérieure, ce qui n'est pas pratique.

En employant dans la file intérieure des rails de 8 mètres combinés avec le rail court de 7,90 m. seulement, le faux équerre sera de 0,05 m. en plus ou en moins. On déterminera la position des rails courts en appliquant une équerre dite *équerre de pose* sur la file extérieure au droit du joint. Chaque fois que la branche transversale de cette équerre sera dépassée par le rail intérieur de plus de 0,05 m., on substituera au rail de 8 mètres un rail court de 7,90 m.

Le nombre des rails courts nécessaires à une courbe de rayon déterminé se déduit facilement du tableau suivant :

RAYON des courbes.	PROPORTION DES RAILS COURTS Nombre de rails.			OBSERVATIONS
	File extérieure 8 mètres.	File intérieure.		
		8 mètres.	7,90 m.	
90	1	»	1	Toute la file intérieure est en rails de 7,90 m.
100	5	1	4	
120	3	1	2	
130	13	5	8	
150	15	7	8	
160	2	1	1	
200	5	3	2	
250	25	2	1	
300	15	11	4	
350	35	27	8	
400	5	4	1	
450	45	37	8	
500	6	5	1	
600	15	13	2	
700	9	8	1	
800	10	9	1	
900	11	10	1	
1 000	25	23	2	

Cintrage des rails dans les courbes. — Dans les courbes de 300 mètres de rayon et au-dessous, les rails seront cintrés pour éviter la formation de jarrets aux joints.

Le tableau ci-dessous donnne par rayon de courbe la flèche réelle correspondante du rail de 8 mètres.

RAYON	FLÈCHE pour un rail de 8 mètres.	OBSERVATIONS
m.	mm.	La flèche f est calculée d'après la formule : $f = \frac{l^2}{8R}$ dans laquelle l représente la longueur du rail et R le rayon de la courbe en mètres.
300	27	
250	32	
200	40	
160	50	
150	53	
130	61	
120	67	
100	80	
80	100	
50	160	

Ces flèches ne doivent jamais être dépassées. Si au cintrage elles étaient plus grandes il faudrait les réduire. Il vaut mieux être en dessous qu'en dessus.

Mode de fixation des rails sur les traverses. — Les rails sont posés sur les traverses dans les entailles préparées, de manière à régler bien exactement la largeur de la voie et l'inclinaison des rails. Ils sont fixés sur chaque traverse au moyen de deux tirefonds qui doivent être placés de manière que deux trous de tirefonds opposés n'attaquent pas les mêmes fibres d'une traverse, et soient placés à une distance de 0,05 m. environ, conformément au croquis ci-après (fig. 713).

Contre-rails. — Suivant les indications spéciales et écrites qui seront données pour

chaque cas particulier, quand il y aura lieu de placer des contre-rails, notamment du côté du petit rayon de certaines courbes raides, on se conformera aux prescriptions suivantes :

L'ornière pour le passage des boudins aura 45 millimètres ;

Le contre-rail sera placé symétriquement au rail ;

Le contre-rail sera fixé comme le rail,

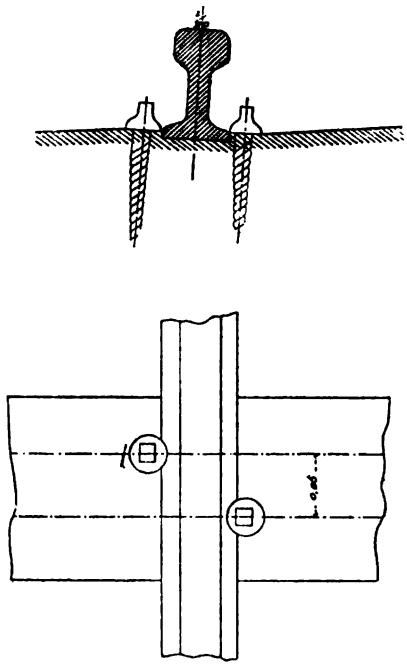


Fig. 713. — Mode de fixation des rails sur les traverses.

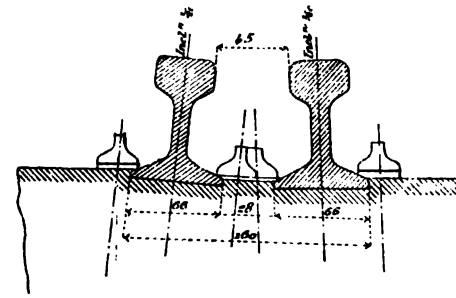
par les tirefonds de chaque côté du patin ;

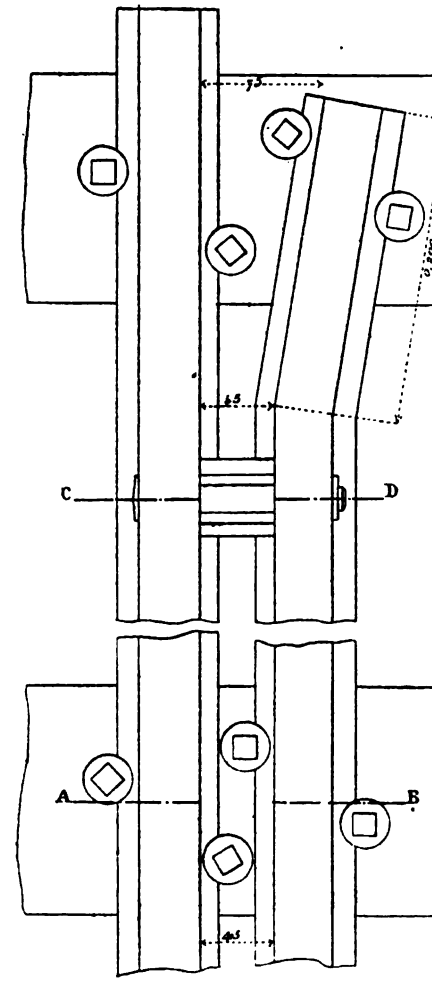
La largeur de l'ornière sera maintenue par des cales en fonte et des boulons, mais seulement où la nécessité en sera reconnue et suivant ordre de service spécial ;

Toutes les ornières se termineront des deux côtés par une partie évasée, obtenue en infléchissant les contre-rails sur 0,200 m. de longueur (Voy. *Croquis*).

L'entaille de la traverse pour recevoir le contre-rail devra se faire avec assez de précision pour que le patin du contre-rail s'appuie contre un talon en bois du côté de l'axe de la voie.

Coupe suivant AB.





Coupe suivant CD.

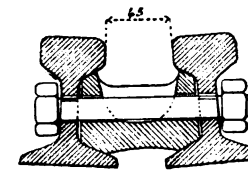


Fig. 714. — Contre-rail.

§ 3. — Sabotage des traverses

Entaillage des traverses. — Les entailles sont tracées au moyen du *gabarit*, sur la face la moins plane de la traverse, et à peu près à égale distance de ses extrémités; on pourra toutefois modifier un peu cette position, quand cela sera nécessaire, pour placer l'entaille sur une partie plus saine et plus propre à servir d'appui au rail.

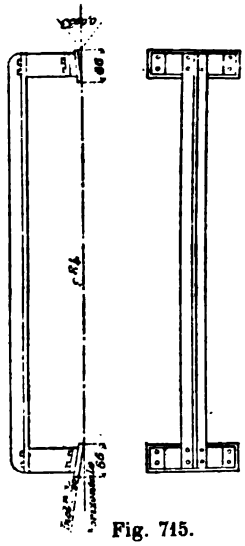


Fig. 715.
Gabarit de sabotage.

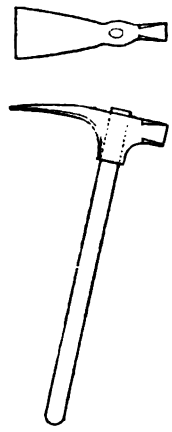


Fig. 716.
Herminette.

Les entailles faites à l'*herminette* devront être bien exactement dressées suivant l'inclinaison de 1/20, de manière que les sabots du gabarit s'y appliquent parfaitement; elles seront limitées par des traits de scie formant épaulement pour le patin du rail.

Hauteur des épaulements. — Les épaulements devront avoir 5 millimètres, c'est-à-dire l'épaisseur du patin du rail, de manière à permettre le serrage des tirefonds; par suite, toutes les fois que le sabotage aura conduit à un épaulement plus fort, il sera nécessaire de réduire ce dernier au moyen d'un *démaigrissement* de la traverse, pratiqué sur une largeur de 5 centimètres environ, le long de l'entaille. Il ne devra y avoir aucun jeu entre le gabarit et les épaulements extérieurs.

L'épaisseur du bois sous l'entaille ne devra pas être réduite à moins de 0,10 m. Les arêtes du fond des entailles devront être sensiblement parallèles à la face inférieure de la traverse.

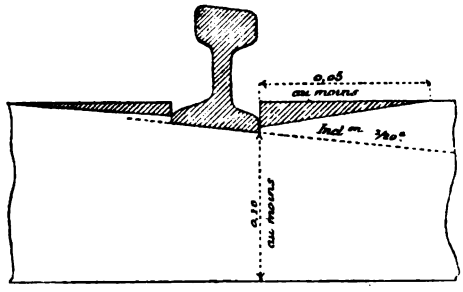


Fig. 717. — Démaigrissement.

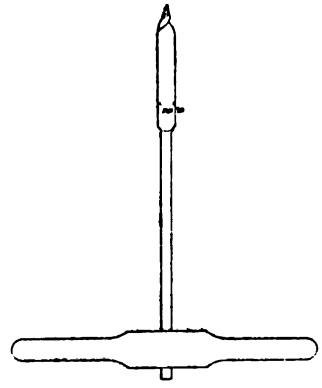


Fig. 718. — Tarière.

Perçage. — Il sera percé un trou de tirefond de chaque côté du rail. Ces trous seront disposés de manière que les fibres du bois attaquées par chacun d'eux soient distantes entre elles de 0,05 m. environ.

Le perçage des trous des tirefonds sera fait de part en part de la traverse, suivant l'inclinaison du rail, avec une tarière du diamètre de 0,010 m. fort.

Soins à donner aux gabarits. — Les gabarits étant essentiellement des outils de précision, on veillera à ce qu'ils soient manœuvrés avec précaution et on s'assurera, au moins

deux fois par jour, de leur exactitude, au moyen d'une *jauge de vérification* dont chaque atelier sera pourvu.

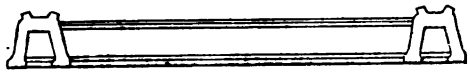


Fig. 719. — Jauge de vérification des gabarits.

Lorsqu'un gabarit sera tant soit peu faussé, il sera immédiatement retiré de l'atelier de sabotage et réparé.

Vérification et réception des traverses. — La vérification et la réception du sabotage des traverses seront faites chaque jour et constatées par une marque spéciale, à la peinture.

Toute traverse, dont le sabotage sera reconnu défectueux lors de la première vérification ou même de l'emploi, sera mise de côté et le sabotage en sera refait au compte de l'entrepreneur.

Outils et objets nécessaires. — Chaque équipe d'entaillage devra être munie des objets suivants :

Une scie de travers ;
Deux herminettes ;
Quatre tarières de 0,01 m. ;
Un gabarit d'entaillage.

En outre, le surveillant du chantier devra avoir :

Une jauge de vérification du gabarit d'entaillage ;
Un gabarit d'entaillage pour vérification ;
Un exemplaire de la présente instruction.

Enfin, les gabarits et outils de rechange qui pourront être nécessaires, suivant l'importance du chantier.

§ 4. — Pose de la voie

Tracé de la voie en plan et en profil. — Avant de procéder à la pose de la voie, l'axe du chemin de fer sera tracé et repéré exactement en plan et en profil au moyen de piquets.

Afin de ne pas gêner le travail de pose, ces piquets seront placés en dehors de la voie (soit à 1,30 m. de l'axe), sur l'un des côtés dans les alignements, mais toujours du côté du petit rayon, dans les courbes.

Les piquets seront espacés *au plus* de 100 en 100 mètres dans les alignements et de 25 en 25 mètres dans les courbes.

La tête des piquets, recepée au besoin, sera au niveau du plan de roulement des rails.

Des piquets plus longs seront en outre établis à toutes les naissances et fins de courbes et à tous les points de changement d'inclinaison.

Règlement de la plate-forme. — Le tracé ainsi terminé, la plate-forme des terrassements sera parfaitement réglée à 0,35 m. au-dessous de la tête des piquets de nivellement.

Quand la voie devra être posée sur les accotements des routes et des chemins, la plate-forme destinée à la recevoir sera réglée avec une pente transversale de 0,01 m. par mètre vers le fossé voisin de la route.

Dans les parties à travers champs, la plate-forme des terrassements sera réglée avec une pente transversale de 0,01 m. par mètre, de chaque côté de l'axe dans les alignements,

mais pour les parties en courbe, cette pente de 0,01 s'étendra d'une rive à l'autre, en s'inclinant vers le petit rayon de la courbe.

Pose de la voie. — La plate-forme des terrassements ainsi parfaitement dressée, la voie sera posée directement sur terre. On s'en servira, comme il sera dit plus loin, pour amener le ballast dont elle doit être garnie, ainsi que les matériaux qui doivent servir à la prolonger.

Voici l'ordre à observer dans la pose de la voie.

Les traverses sont amenées à pied d'œuvre par des *coltineurs* et déposées sur la plate-forme.

Elles sont réparties dans leurs emplacements au moyen d'une *règle en bois* portant des repères indiquant les espacements admis.

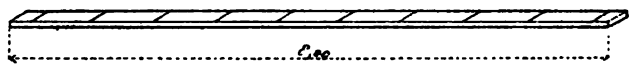


Fig. 720. — Règle de répartition des traverses.

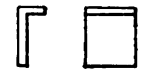


Fig. 721. — Cale de joint.

Les rails sont ensuite placés bout à bout, en ayant soin que les marques de fabrique soient à l'intérieur de la voie, afin qu'on puisse les apercevoir en parcourant la ligne.

On règle convenablement les joints en raison de la température du moment, comme il a été dit précédemment, au moyen de petites cales en fer plat, coudées à une extrémité.

En commençant l'opération, on vérifiera la position du joint de départ, au moyen de

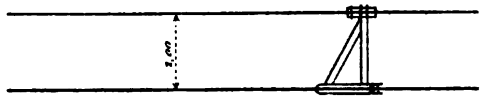


Fig. 722. — Équerre de pose.

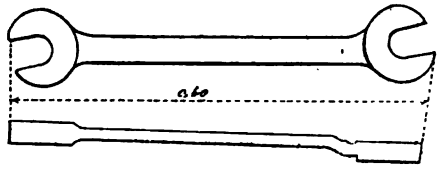


Fig. 723. — Clé à écrou.

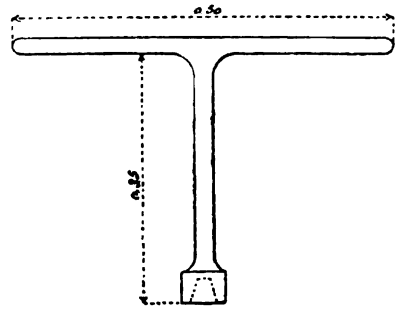


Fig. 724. — Clé de tirefond.

l'*équerre de pose*, pour s'assurer si les joints des deux files de rails se trouvent bien sur une même normale à l'axe de la voie. En courbe, on intercalera les rails courts de 7,90 m. en quantité suffisante, comme il a été dit précédemment.

Puis, les joints sont assemblés avec les éclisses, qu'on munit d'abord des deux boulons extrêmes seulement, qui, autant que possible, sont serrés à la main ; après quoi, on place les deux boulons intermédiaires.

Les boulons sont alors serrés avec *la clé à écrou*, mais *sans effort*, de manière à se borner à approcher les éclisses des rails pour maintenir le joint et à laisser un faible jeu dans l'assemblage, pour faciliter les relevages de la voie et éviter de fausser les éclisses [1].

Sur les deux files de rails on marque à la craie l'emplacement de chaque traverse que l'on règle dans la position définitive qu'elle doit occuper, en ayant soin de faire appliquer exactement le patin du rail dans l'entaille de la traverse.

[1] Le serrage définitif et à bloc des *boulons* et tirefonds devra être opéré seulement après le relevage définitif, ainsi qu'il sera dit ci-après.

On pose alors les tirefonds en les introduisant à la main dans les trous, et on les visse

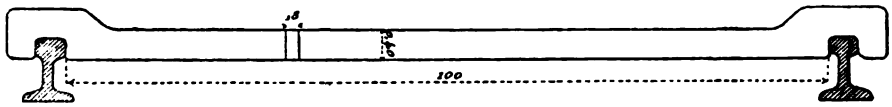


Fig. 725. — Gabarit de tirefonnage.

à l'aide de la *clé à douille et à béquille*. L'enfoncement par percussion est expressément interdit. Les tirefonds doivent être descendus à fond, mais non encore serrés à bloc [1].

Les poseurs chargés de visser les tirefonds doivent être exercés à les diriger dans le sens du trou incliné au 1/20. Ils doivent avoir soin de placer un *gabarit d'écartement* bien normalement à la voie et tout près de la traverse à fixer et opérer le serrage de chaque tirefond en procédant progressivement, et non immédiatement à fond, en terminant le serrage par le tirefond intérieur. Sans ces précautions, le tirefonnage pourrait déverser le rail et fausser la largeur de la voie.

La voie posée ainsi sur terre sert au transport des matériaux qui doivent la prolonger et au ballast dans lequel elle doit être incorporée.

Ballastage de la première couche. — Le ballastage doit se faire en deux couches : la première couche (couche du fond) pour mettre les rails à la hauteur, et la seconde couche (couche supérieure) pour remplir et régler suivant le profil.

Tout train de ballast devra marcher machine en arrière. On devra avoir soin, en outre, qu'il ne passe jamais sur la voie posée sur terre plus d'un train de ballast après le premier relèvement. A cet effet, tout train de ballast arrivant sur une section de voie posée sur terre doit y pénétrer très lentement, et s'y arrêter dès qu'il y est engagé de sa longueur ; il est déchargé sur place, puis aussitôt ramené en arrière.

La voie est alors relevée, convenablement réglée et affermie, de manière à pouvoir recevoir les trains suivants sans aucun dommage pour aucune des parties qui la composent.

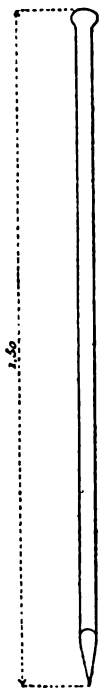


Fig. 727. Pince à riper.

Relevage de la voie. — Le relevage a pour but d'amener la voie au niveau qu'elle doit occuper (paliers, pentes, rampes, dévers).

A cet effet, au droit de chaque piquet de nivellement, on soulève la voie à la hauteur voulue au moyen d'*anspecks* et on l'y maintient en refoulant le ballast sous les traverses, au moyen de *pelles* ou de *battes*.

Entre deux piquets de nivellement au droit desquels la voie est ainsi relevée, on opère le relevage des points intermédiaires au moyen d'un jeu de *trois nivelettes*.

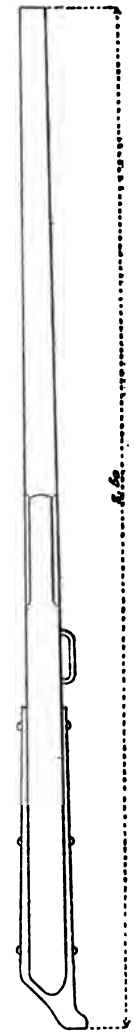


Fig. 726. Anspeck.

Dans ces relevages, il importe toujours d'agir sous les traverses et jamais sous les rails, afin de ne pas fatiguer les attaches. On arrive à la hauteur définitive par des relèvements successifs, dont aucun ne doit

[1] Le serrage définitif et à bloc des boulons et *tirefonds* devra être opéré seulement après le relevage définitif, ainsi qu'il a été dit ci-après.

dépasser 0,08 m. à 0,10 m. de hauteur. En conséquence, on fera toujours, au minimum, deux relèvements successifs, puisque l'épaisseur du ballast sous les traverses est fixée à 0,16 m. environ. Mais sur les remblais qui auraient tassé, le nombre des relèvements sera plus considérable et variera avec le tassement de ces remblais.

Le chef poseur conduira ces relèvements avec précaution, en ménageant des raccordements convenables et sans ressauts brusques avec les parties non relevées.

Dressage de la voie. — Lorsque la voie est à hauteur, il faut la dresser de façon à lui donner les alignements droits et courbes prescrits.

Le dressage se fait en *ripant* la voie au moyen de pinces en fer, dites *pinces à riper*, en agissant sur le rail lui-même, ce qui est sans inconvénient, la résistance au déplacement étant peu considérable.

Le dressage est fait sous la direction du chef poseur.

Serrage définitif. — Lorsque la voie sera dressée et nivelée, et qu'on aura vérifié que toutes les prescriptions précédentes sont remplies, on procédera au serrage définitif des boulons et tirefonds.

Le serrage des tirefonds doit avoir pour effet d'assurer un bon contact du rail et de la traverse, mais ne doit pas être poussé au delà.

Le serrage des boulons d'éclisses est celui qui résulte de l'effort d'un homme de force moyenne appliqué à l'extrémité d'une clef ayant 0,40 m. de longueur. Un serrage plus énergique n'assurerait pas à l'éclisse un meilleur effet, et courrait le risque de détruire ou au moins d'altérer les filets des boulons.

On aura soin dans le serrage des boulons de s'arranger de manière à ce que le côté supérieur de l'écrou soit tenu horizontalement, afin d'éviter la détérioration des écrous par les bandages des roues à la limite extrême d'usure.

Le serrage des boulons sera *constamment entretenu* et celui des tirefonds sera revu une deuxième fois avant la mise en exploitation.

Les boulons ont beaucoup de tendance à se desserrer sous le passage des trains, pendant les premiers mois qui suivent la pose. Si le serrage en est fait avec les soins convenables, et chaque fois qu'il en est besoin, au bout de peu de temps, ils se maintiendront beaucoup mieux. Si, au contraire, le serrage est négligé, les filets ne tarderont pas à se manger par le mouvement que produira le passage des trains et il devient impossible de serrer les écrous ; on est alors obligé de changer les boulons.

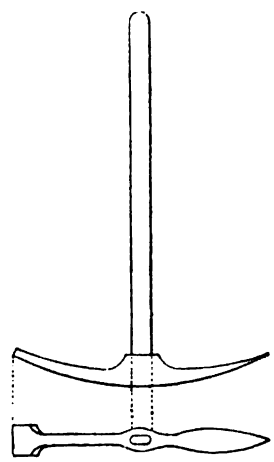


Fig. 728. — Pioche à bourrer.

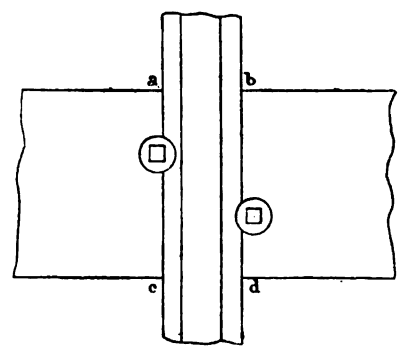


Fig. 729.

Bourrage. — On exécutera ensuite le bourrage du ballast sous les traverses.

Le bourrage est une opération des plus importantes ; elle a pour but de refouler le ballast en dessous des traverses, de façon qu'il forme une masse incompressible et perméable, susceptible de résister aux efforts considérables auxquels elle sera soumise.

Le ballast est refoulé sous les traverses avec la *batte* ou la *pioche à bourrer*. Les premiers coups sont donnés presque verticalement, afin d'augmenter la cohésion du ballast ; puis on incline peu à peu l'outil et l'on termine par des coups horizontaux, en ayant soin de ménager les arêtes des traverses. Les points les plus fatigués doivent être bourrés le plus fortement. Dans les voies sur traverses, pour que l'assiette soit bonne, il faut que les traverses n'aient de tendance à se déverser d'aucun côté. A cet effet, le bourrage sous les traverses doit être très fort vers les extrémités et pas du tout au milieu de la traverse.

Pour bien comprimer le ballast sous la traverse, il faut bourrer successivement aux quatre points *a*, *b*, *c*, *d* (fig. 729). Un bourrage mal réparti peut provoquer la rupture des traverses, et donner, en tous cas, une voie peu stable. Au moyen de coups de battes appliqués sur la face supérieure de la traverse, le chef poseur s'assure si le bourrage a été bien fait.

Réglage définitif. — Le bourrage doit être suivi d'un réglage définitif.

On vérifie la régularité des alignements, la constance des courbures, la valeur des dévers, le raccordement des déclivités, etc.

La régularité des alignements se vérifie à l'œil ;

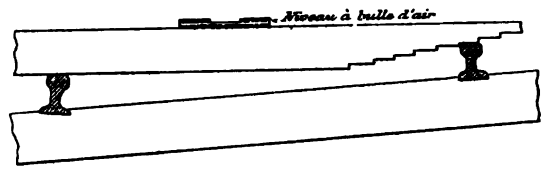


Fig. 730. — Règle à gradins.

La constance des courbures, au moyen d'un cordeau tendu le long du rail et en mesurant la flèche au milieu ;

La valeur des dévers, en posant transversalement à la voie et de niveau, la règle à gradins correspondant aux différents surhaussements. (Voir croquis ci-dessus.)

Enfin, la largeur de la voie doit être constamment vérifiée avec la règle d'écartement.

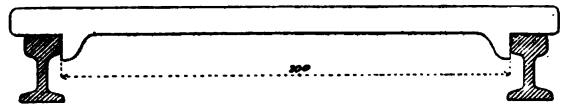


Fig. 731. — Règle d'écartement.

On efface les irrégularités du plan avec les pinces à riper et celles du profil en forçant le bourrage des points bas ou atténuant celui des points hauts au moyen de petits coups de masse sur l'appui. Mais si la différence est grande, ce qui indique une pose peu soignée, il faut, de toute nécessité, enlever le ballast et procéder à un relevage partiel.

Achèvement du ballast et garnissage de la voie. — Ces opérations faites, on procède à la deuxième couche de ballast, c'est-à-dire au garnissage de la voie.

On commence, à cet effet, par charger de ballast les extrémités des traverses. Mais il convient que la voie reste dégarnie à l'intérieur pendant quelque temps, en vue de faciliter le resserrage des tirefonds et boulons d'éclisses.

Quelque attention qu'on ait en effet apportée à l'exécution primitive du bourrage, la circulation peut altérer la régularité de la voie. On remédie soigneusement à toutes ces altérations, en assurant solidement la position des traverses jusqu'à ce que ces mouvements se soient à peu près arrêtés. C'est alors seulement qu'on complète le garnissage intérieur de la voie. On a d'ailleurs soin de comprimer le ballast contre les extrémités des traverses,

principalement du côté du grand rayon des courbes, et de laisser dégarnis les écrous des boulons d'éclisses.

Règlement du ballast. — Le ballast sera définitivement réglé suivant les prescriptions du Cahier des charges et conformément aux profils en travers types, relatifs aux parties de voie à travers champs, sur routes ou accotements.

§ 5. — Opérations diverses sur les rails au moment de la pose

Rails à découper. — Lorsqu'il y aura lieu de couper des rails pour les besoins de la pose, on devra faire cette opération à chaud ou à froid, suivant la forme à donner à la section, savoir :

1° *Lorsque la coupe devra être perpendiculaire à la longueur*, elle sera faite à froid au burin ou à la cisaille, et terminée à la lime, de manière à obtenir une section bien d'équerre, à angles bien vifs et sans déformation du calibre ;

2° *Lorsque, au contraire, il s'agira de faire des coupes de sujétion*, soit biaises, soit à entailles, l'opération aura lieu à chaud.

On aura bien soin, dans ce cas, de ne pas déformer le rail près des parties tranchées, ou tout au moins de le ramener à sa forme primitive, en le refoulant et le reforgeant convenablement et en retouchant, au burin et à la lime, toutes les parties qui en auraient besoin, de manière à enlever toutes les bavures, rétablir le calibre et obtenir des sections bien nettes, et présentant les formes prescrites.

Rails à couder. — Lorsqu'il s'agira de couder des rails, soit aux extrémités, soit sur un point quelconque de leur longueur, pour l'établissement des contre-rails et des appareils spéciaux de la voie, on opérera toujours à chaud.

Cette opération se fera, comme la précédente, avec toutes les précautions nécessaires pour ne pas altérer la forme du rail ou la qualité du métal.

Rails à cintrer. — Le cintrage du rail pour les courbes de faible rayon sera fait à la machine.

Poses spéciales. — Des dessins spéciaux, accompagnés, s'il y a lieu, d'instructions particulières, seront successivement fournis pour les détails de pose des voies sur longrines, des changements, croisements et autres appareils exceptionnels de la voie.

Outils et objets dont doit être munie une équipe de pose de voie

Chaque équipe de pose de voie devra être munie en quantité suffisante, suivant son importance, des outils et objets désignés ci-dessous :

Anspecks de 2,50 m.
Battes à bourrer.
Blocs d'anspecks.
Boîte à boutons d'éclisses.
Burins.
Cales (spéciales) pour réglage des joints.
Clefs à boutons d'éclisses.
Clefs à douille pour tirefonds.
Equerre à talons avec branches.
Herminette.
Jeu de nivelettes.
Limes.
Lorry.
Marteau rivoir.
Niveau à bulle d'air.
Pellon en bois.
Pince à riper.
Presse à dresser et à cintrer les rails.
Règle d'écartement et barre de tirefonnage.
Règle à devers.
Règle de 2 mètres, graduée.
Règle en bois pour l'espacement des traverses.
Tarières.
Thermomètre (spécial).

Drapeau rouge — vert Lanterne signal Règlement des signaux	La réglementation de ces signaux sera faite pendant l'exploitation. Pendant la construction, l'entreprise prendra toutes les mesures de sécurité utiles.

Le chef poseur devra être muni d'un exemplaire de la présente Instruction, ainsi que la feuille des Profils en travers types.

Le Concessionnaire,

FALIÈS.

Paris, le 12 mai 1887.

DOCUMENTS OFFICIELS

LOI DU 15 JUILLET 1845

SUR LA POLICE DES CHEMINS DE FER

TITRE PREMIER

MESURES RELATIVES A LA CONSERVATION DES CHEMINS DE FER

ARTICLE PREMIER. — — Les chemins de fer construits ou concédés par l'État font partie de la grande voirie.

ART. 2. — Sont applicables aux chemins de fer les lois et règlements sur la grande voirie, qui ont pour objet d'assurer la conservation des fossés, talus, levées et ouvrages d'art dépendant des routes, et d'interdire sur toute leur étendue le pacage des bestiaux et les dépôts de terres et autres objets quelconques.

ART. 3. — Sont applicables aux propriétés riveraines des chemins de fer, les servitudes imposées par les lois et règlements sur la grande voirie, et qui concernent :

L'alignement ;

L'écoulement des eaux ;

L'occupation temporaire des terrains en cas de réparation ;

La distance à observer pour les plantations et l'élagage des arbres plantés ;

Le mode d'exploitation des mines, minières, tourbières, carrières et sablières, dans la zone déterminée à cet effet.

Sont également applicables à la confection et à l'entretien des chemins de fer les lois et règlements sur l'extraction des matériaux nécessaires aux travaux publics.

ART. 4. — Tout chemin de fer sera clos des deux côtés et sur toute l'étendue de la voie.

L'administration déterminera, pour chaque ligne, le mode de cette clôture, et, pour ceux des chemins de fer qui n'y ont pas été assujettis, l'époque à laquelle elle devra être effectuée.

Partout où les chemins de fer croiseront de niveau les routes de terre, des barrières seront établies et tenues fermées, conformément aux règlements[1]

ART. 5. — A l'avenir, aucune construction autre qu'un mur de clôture ne pourra être établie dans une distance de deux mètres d'un chemin de fer.

[1] Nous avons vu (t. Ier, p. 164 et 233) qu'une loi du 27 décembre 1880 a autorisé, dans certains cas, une dérogation à ces prescriptions.

Cette distance sera mesurée, soit de l'arête supérieure du déblai, soit de l'arête inférieure du talus du remblai, soit du bord extérieur des fossés du chemin, et, à défaut, d'une ligne tracée à 1,50 m. à partir des rails extérieurs de la voie de fer.

Les constructions existantes au moment de la promulgation de la présente loi, ou lors de l'établissement d'un nouveau chemin de fer, pourront être entretenues dans l'état où elles se trouveront à cette époque.

Un règlement d'administration publique déterminera les formalités à remplir, par les propriétaires, pour faire constater l'état desdites constructions, et fixera le délai dans lequel ces formalités devront être remplies.

Art. 6. — Dans les localités où le chemin de fer se trouvera en remblai de plus de 3 mètres au-dessus du terrain naturel, il est interdit aux riverains de pratiquer, sans autorisation préalable, des excavations, dans une zone de largeur égale à la hauteur verticale du remblai, mesurée à partir du pied du talus.

Cette autorisation ne pourra être accordée, sans que les concessionnaires ou fermiers de l'exploitation du chemin de fer aient été entendus et dûment appelés.

Art. 7. — Il est défendu d'établir, à une distance de moins de 20 mètres d'un chemin de fer desservi par des machines à feu, des couvertures en chaume, des meules de paille, de foin, et aucun autre dépôt de matières inflammables.

Cette prohibition ne s'étend pas aux dépôts de récoltes faits seulement pour le temps de la moisson.

Art. 8. — Dans une distance de moins de 5 mètres d'un chemin de fer, aucun dépôt de pierres, ou objets non inflammables, ne peut être établi sans l'autorisation préalable du préfet.

Cette autorisation sera toujours révocable.

L'autorisation n'est pas nécessaire :

1° Pour former, dans les localités où le chemin de fer est en remblai, des dépôts de matières non inflammables, dont la hauteur n'excède pas celle du remblai du chemin ;

2° Pour former des dépôts temporaires d'engrais et autres objets nécessaires à la culture des terres.

Art. 9. — Lorsque la sûreté publique, la conservation du chemin et la disposition des lieux le permettront, les distances déterminées par les articles précédents pourront être diminuées en vertu d'ordonnances royales rendues après enquêtes.

Art. 10. — Si, hors des cas d'urgence prévus par la loi des 16-24 août 1790, la sûreté publique ou la conservation du chemin de fer l'exige, l'administration pourra faire supprimer, moyennant une juste indemnité, les constructions, plantations, excavations, couvertures en chaume, amas de matériaux combustibles ou autres, existant dans les zones ci-dessus spécifiées, au moment de la promulgation de la présente loi et, pour l'avenir, lors de l'établissement du chemin de fer.

L'indemnité sera réglée, pour la suppression des constructions, conformément aux titres IV et suivants de la loi du 3 mai 1841 et, pour tous les autres cas, conformément à loi du 16 septembre 1807.

Art. 11. — Les contraventions aux dispositions du présent titre seront constatées, poursuivies et réprimées comme en matière de grande voirie.

Elles seront punies d'une amende de 16 à 300 francs, sans préjudice, s'il y a lieu, des peines portées au Code pénal et au titre III de la présente loi. Les contrevenants seront, en outre, condamnés à supprimer, dans le délai déterminé par le conseil de préfecture, les excavations, couvertures, meules ou dépôts faits contrairement aux dispositions précédentes.

A défaut, par eux, de satisfaire à cette condamnation dans le délai fixé, la suppression aura lieu d'office, et le montant de la dépense sera recouvré contre eux par voie de contrainte, comme en matière de contributions publiques.

TITRE II

DES CONTRAVENTIONS DE VOIRIE COMMISES PAR LES CONCESSIONNAIRES OU FERMIERS DE CHEMINS DE FER

ART. 12. — Lorsque le concessionnaire ou le fermier de l'exploitation d'un chemin de fer contreviendra aux clauses du cahier des charges, ou aux décisions rendues en exécution de ces clauses, en ce qui concerne le service de la navigation, la viabilité des routes royales, départementales et vicinales, ou le libre écoulement des eaux, procès-verbal sera dressé de la contravention, soit par les ingénieurs des ponts et chaussées ou des mines, soit par les conducteurs, gardes-mines et piqueurs, dûment assermentés.

ART. 13. — Les procès-verbaux, dans les quinze jours de leur date, seront notifiés administrativement au domicile élu par le concessionnaire ou le fermier, à la diligence du préfet, et transmis, dans le même délai, au conseil de préfecture du lieu de la contravention.

ART. 14. — Les contraventions prévues à l'article 12 seront punies d'une amende de 300 à 3 000 francs.

ART. 15. — L'administration pourra, d'ailleurs, prendre immédiatement toutes mesures provisoires pour faire cesser le dommage, ainsi qu'il est procédé en matière de grande voirie.

Les frais qu'entraînera l'exécution de ces mesures seront recouvrés, contre le concessionnaire ou fermier, par voie de contrainte, comme en matière de contributions publiques.

TITRE III

DES MESURES RELATIVES A LA SURETÉ DE LA CIRCULATION SUR LES CHEMINS DE FER

ART. 16. — Quiconque aura volontairement détruit ou dérangé la voie de fer, placé sur la voie un objet faisant obstacle à la circulation, ou employé un moyen quelconque pour entraver la marche des convois ou les faire sortir des rails, sera puni de la réclusion.

S'il y a eu homicide ou blessures, le coupable sera, dans le premier cas, puni de mort, et, dans le second, de la peine des travaux forcés à temps.

ART. 17. — Si le crime prévu par l'article 16 a été commis en réunion séditieuse, avec rébellion ou pillage, il sera imputable aux chefs, auteurs, instigateurs et provocateurs de ces réunions, qui seront punis comme coupables du crime et condamnés aux mêmes peines que ceux qui l'auront personnellement commis, lors même que la réunion séditieuse n'aurait pas eu pour but direct et principal la destruction de la voie de fer.

Toutefois, dans ce dernier cas, la peine de mort sera applicable aux auteurs du crime, elle sera remplacée, à l'égard des chefs, auteurs, instigateurs et provocateurs de ces réunions, par la peine des travaux forcés à perpétuité.

ART. 18. — Quiconque aura menacé, par écrit anonyme ou signé, de commettre un des crimes prévus en l'article 16, sera puni d'un emprisonnement de trois à cinq ans, dans le cas où la menace aurait été faite avec ordre de déposer une somme d'argent dans un lieu indiqué, ou de remplir toute autre condition.

Si la menace n'a été accompagnée d'aucun ordre ou condition, la peine sera d'un emprisonnement de trois mois à deux ans, et d'une amende de 100 à 500 francs.

Si la menace, avec ordre ou condition, a été verbale, le coupable sera puni d'un emprisonnement de quinze jours à six mois, et d'une amende 25 à 300 francs.

Dans tous les cas, le coupable pourra être mis, par le jugement, sous la surveillance de la haute police, pour un temps qui ne pourra être moindre de deux ans, ni excéder cinq ans.

Art. 19. — Quiconque, par maladresse, imprudence, inattention, négligence ou inobservation des lois ou règlements, aura involontairement causé sur un chemin de fer, ou dans les gares ou stations, un accident qui aura occasionné des blessures, sera puni de huit jours à six mois d'emprisonnement et d'une amende de 50 à 1 000 francs.

Si l'accident a occasionné la mort d'une ou plusieurs personnes, l'emprisonnement sera de six mois à cinq ans, et l'amende de 300 à 3 000 francs.

Art. 20. — Sera puni d'un emprisonnement de six mois à deux ans tout mécanicien ou conducteur garde-frein qui aura abandonné son poste pendant la marche du convoi.

Art. 21. — Toute contravention aux ordonnances royales portant règlement d'administration publique sur la police, la sûreté et l'exploitation du chemin de fer, et aux arrêtés pris par les préfets, sous l'approbation du ministre des Travaux publics, pour l'exécution desdites ordonnances, sera punie d'une amende de 16 à 3 000 francs.

En cas de récidive dans l'année, l'amende sera portée au double, et le tribunal pourra, selon les circonstances, prononcer en outre un emprisonnement de trois jours à un mois.

Art. 22. — Les concessionnaires ou fermiers d'un chemin de fer seront responsables, soit envers l'État, soit envers les particuliers, du dommage causé par les administrateurs, directeurs ou employés à un titre quelconque au service de l'exploitation du chemin de fer.

L'État sera soumis à la même responsabilité envers les particuliers, si le chemin de fer est exploité à ses frais et pour son compte.

Art. 23. — Les crimes, délits ou contraventions prévus dans les titres Ier et III de la présente loi, pourront être constatés par des procès-verbaux dressés, concurremment, par les officiers de police judiciaire, les ingénieurs des ponts et chaussées et des mines, les conducteurs, gardes-mines, agents de surveillance et gardes nommés ou agréés par l'administration et dûment assermentés.

Les procès-verbaux des délits et contraventions feront foi jusqu'à preuve contraire.

Au moyen du serment prêté devant le tribunal de première instance de leur domicile, les agents de surveillance de l'administration et des concessionnaires ou fermiers pourront verbaliser sur toute la ligne du chemin de fer auquel ils seront attachés.

Art. 24. — Les procès-verbaux dressés en vertu de l'article précédent seront visés pour timbre et enregistrés en débet.

Ceux qui auront été dressés par des agents de surveillance et gardes assermentés devront être affirmés dans les trois jours, à peine de nullité, devant le juge de paix ou le maire, soit du lieu du délit ou de la contravention, soit de la résidence de l'agent.

Art. 25. — Toute attaque, toute résistance avec violence et voies de fait envers les agents des chemins de fer, dans l'exercice de leurs fonctions, sera punie des amendes appliquées à la rébellion, suivant les distinctions faites par le Code pénal.

Art. 26. — L'article 463 du Code pénal est applicable aux condamnations qui seront prononcées en exécution de la présente loi.

Art. 27. — En cas de conviction de plusieurs crimes ou délits prévus par la présente loi ou par le Code pénal, la peine la plus forte sera seule prononcée.

Les peines encourues pour des faits postérieurs à la poursuite pourront être cumulées sans préjudice des peines de la récidive.

RÈGLEMENT D'ADMINISTRATION PUBLIQUE

SUR LA POLICE, LA SURETÉ ET L'EXPLOITATION DES CHEMINS DE FER

Ordonnance du 15 novembre 1846, modifiée par décret du 1er mars 1901[1]

TITRE PREMIER

DES GARES ET DE LA VOIE

ARTICLE PREMIER. — Les mesures de police destinées à assurer le bon ordre, dans les parties des gares et de leurs dépendances accessibles au public, seront réglées par des arrêtés du préfet du département.

Cette disposition s'appliquera notamment à l'entrée, au stationnement et à la circulation des voitures publiques ou particulières destinées soit au transport des personnes, soit au transport des marchandises dans les cours dépendant des gares de chemins de fer.

Les arrêtés ainsi pris par les préfets ne seront exécutoires qu'en vertu de l'approbation du ministre des Travaux publics.

ART. 2. — Le chemin de fer et les ouvrages qui en dépendent seront constamment entretenus en bon état. La Compagnie devra faire connaître au ministre des Travaux publics, dans la forme que celui-ci jugera convenable, les mesures qu'elle aura prises pour cet entretien.

Les voies et autres installations des gares devront être convenablement disposées pour la sûreté des manœuvres et de la circulation des trains.

Dans le cas où les mesures prises seraient insuffisantes pour assurer le bon entretien du chemin de fer, la sûreté de la circulation et la sûreté publique, le ministre, après avoir entendu la compagnie, prescrira celles qu'il juge nécessaires.

Dans le cas où, par suite de l'insuffisance des installations, le service ne serait pas régulièrement assuré, il sera procédé conformément aux dispositions de l'article 65.

ART. 3. — Il sera placé, partout où besoin sera, des agents en nombre suffisant pour assurer la surveillance et la manœuvre des signaux, aiguilles et autres appareils de la voie ; en cas d'insuffisance, le nombre de ces agents sera fixé, la compagnie entendue, par le ministre des Travaux publics, qui pourra prescrire que ceux de ces agents dont le service intéressant la sécurité aurait une importance particulière ne soient employés à aucun autre travail.

ART. 4. — Partout où un chemin de fer sera traversé à niveau par une voie de terre, il sera établi des barrières, sauf les exceptions autorisées par le ministre des Travaux publics, conformément aux lois.

[1] Ce décret a abrogé le décret du 9 mars 1889 sur les trains légers.

Le mode, la garde et les conditions de service des barrières seront réglés par le ministre des Travaux publics, sur la proposition de la compagnie.

Lorsque le ministre autorisera la traversée à niveau du chemin de fer par un autre chemin de fer ou par un tramway, il arrêtera, après avoir entendu les deux compagnies, les dispositions techniques à prendre pour l'établissement et l'exploitation de ces traversées.

Art. 5. — Si l'établissement de contre-rails est jugé nécessaire dans l'intérêt de la sûreté publique, la compagnie sera tenue d'en placer sur les points qui seront désignés par le ministre des Travaux publics.

Art. 6. — Les gares et leurs abords devront être éclairés la nuit pendant la durée du service.

Le ministre des Travaux publics fixera, la compagnie entendue, les conditions dans lesquelles les passages à niveau et les tunnels, s'il y a lieu, devront être éclairés.

TITRE II

DU MATÉRIEL EMPLOYÉ A L'EXPLOITATION

Art. 7. — Les locomotives, les tenders et les véhicules de toute espèce entrant dans la composition des trains seront construits, après autorisation du ministre des Travaux publics, suivant les meilleurs modèles, avec des matériaux de première qualité. La compagnie devra produire, à l'appui de sa demande en autorisation, les plans, dessins et tous les documents indiqués par le ministre.

Le ministre déterminera les conditions auxquelles le matériel n'appartenant pas à la compagnie exploitante pourra être admis à circuler sur le réseau de cette compagnie.

Art. 8. — Les locomotives, tenders ou véhicules de toute espèce entrant dans la composition des trains devront remplir les conditions que le ministre des Travaux publics jugera nécessaires pour assurer la sécurité des voyageurs et des agents pendant la circulation des trains et pendant leur formation.

Art. 9. — Il sera tenu des états de service pour toutes les locomotives. Ces états seront inscrits sur des registres qui devront être constamment à jour et indiquer, pour chaque machine, la date de sa mise en service, le travail qu'elle a accompli, les réparations ou modifications qu'elle a reçues et le renouvellement de ses diverses pièces.

Il sera tenu, en outre, pour les essieux de locomotives et tenders, des registres spéciaux sur lesquels, à côté du numéro d'ordre de chaque essieu, seront inscrits sa provenance, la date de sa mise en service, l'épreuve qu'il peut avoir subie, son travail, ses accidents et ses réparations.

Les registres mentionnés aux deux paragraphes ci-dessus seront représentés, à toute réquisition, aux ingénieurs et agents chargés de la surveillance du matériel et de l'exploitation.

Les essieux des véhicules de toute espèce porteront une marque au poinçon faisant connaître la provenance et la date de la fourniture.

Art. 10. — Les locomotives ne pourront être mises en service qu'en vertu de l'autorisation délivrée par le Service du contrôle et après avoir été soumises à toutes les épreuves prescrites par les règlements en vigueur.

Art. 11. — Les locomotives devront être pourvues, sauf exception autorisée par le ministre des Travaux publics, d'appareils ayant pour objet d'arrêter les fragments de combustible tombant de la grille et d'empêcher la sortie des flammèches par la cheminée, ainsi que de diminuer la production des fumées incommodes pour les voyageurs ou pour le voisinage.

Art. 12. — Les voitures destinées au transport des voyageurs devront être commodes et présenter les disposition que le ministre des Travaux publics jugera nécessaires pour assurer la sécurité des voyageurs.

Le ministre déterminera, la compagnie entendue, quelles devront être les dimensions minima de la place affectée à chaque voyageur.

Toute voiture à voyageurs portera dans l'intérieur l'indication en chiffres apparents du nombre des places.

Art. 13. — Aucune voiture pour les voyageurs ne sera mise en service sans une autorisation délivrée par le service du contrôle, après qu'il aura été constaté que la voiture satisfait aux conditions de l'article précédent.

L'autorisation de mise en service n'aura d'effet qu'après que l'estampille prescrite pour les voitures publiques par l'article 117 de la loi du 25 mars 1817 aura été délivrée par le directeur des Contributions indirectes.

Art. 14. — Les locomotives, les tenders et les véhicules de toute espèce devront porter : 1° la désignations en toutes lettres ou par initiales du chemin de fer auquel ils appartiennent; 2° un numéro d'ordre. Les voitures de voyageurs porteront, en outre, l'indication de la classe de chaque compartiment et l'estampille délivrée par l'Administration des Contributions indirectes. Ces diverses indications seront placées d'une manière apparente sur la caisse ou sur les côtés du châssis.

Art. 15. — Les locomotives, tenders et véhicules de toute espèce et tout le matériel d'exploitation seront constamment maintenus dans un bon état d'entretien.

La compagnie devra faire connaître au ministre des Travaux publics, dans la forme que celui-ci jugera convenable, les mesures adoptées par elle à cet égard : en cas d'insuffisance, le ministre, après avoir entendu les observations de la compagnie, prescrira les dispositions qu'il jugera nécessaires au point de vue de la sécurité ou de l'hygiène publiques.

Le ministre, la compagnie entendue, pourra faire retirer de la circulation les locomotives, tenders et autres véhicules qui ne se trouveraient pas dans des conditions suffisantes pour assurer la sécurité de l'exploitation, ou exclure d'un train déterminé les véhicules qui, pour une cause quelconque, n'offriraient pas les garanties voulues ponr la sûreté de l'exploitation.

TITRE III

DE LA COMPOSITION DES TRAINS

Art. 16. — Tout train ordinaire de voyageurs devra contenir en nombre suffisant des voitures de chaque classe, à moins d'une autorisation spéciale du ministre des Travaux publics.

Art. 17. — Chaque train de voyageurs, de marchandises ou mixte devra être accompagné :

1° D'un mécanicien et d'un chauffeur par machine; le chauffeur devra être capable d'arrêter la machine, de l'alimenter et de manœuvrer les freins;

2° Du nombre de conducteurs et de gardes-freins qui sera déterminé, suivant le nombre de véhicules, suivant les pentes et suivant les appareils d'arrêt ou de ralentissement, par le ministre des Travaux publics, sur la proposition de la compagnie.

Sur le dernier véhicule de chaque train ou sur l'un des véhicules placés à l'arrière, il y aura toujours un frein et un conducteur chargé de le manœuvrer.

Lorsqu'il y aura plusieurs conducteurs dans un train, l'un d'entre eux devra toujours avoir autorité sur les autres.

Le maximum du nombre de véhicules pour chaque nature de trains transportant des

voyageurs sera déterminé par le ministre des Travaux publics, sur la proposition de la compagnie.

Art. 18. — Par dérogation à l'article précédent, l'obligation d'avoir sur la machine un mécanicien et un chauffeur ne sera pas applicable aux trains légers dont la mise en marche sera autorisée par le ministre des Travaux publics, sous la réserve que le conducteur chef du train se tiendra habituellement soit sur la machine, soit dans le premier véhicule du train, qu'il pourra dans tous les cas accéder facilement à la machine et qu'il sera en état de l'arrêter en cas de besoin.

En outre, lorsque les véhicules à voyageurs et à marchandises dont se compose un train léger seront tous munis d'un frein continu, le ministre pourra autoriser la suppression de l'obligation d'avoir, sur le dernier véhicule ou sur l'un des derniers véhicules, un conducteur spécial chargé de la manœuvre du frein.

Ne pourront être considérés comme trains légers que ceux dont les véhicules sont portés sur seize essieux ou plus, non compris les essieux de la locomotive, s'il y en a une et de son tender, mais y compris les essieux de la voiture motrice si l'appareil moteur est contenu dans un des véhicules portant des voyageurs ou des marchandises.

Art. 19. — Les locomotives devront être en tête des trains. Il ne pourra être dérogé à cette disposition que pour les manœuvres à exécuter dans les gares ou dans leur voisinage, pour les trains de service et pour le cas de secours ou de renfort. Dans ces cas spéciaux, la vitesse ne devra pas dépasser les limites fixées par le ministre des Travaux publics.

Art. 20. — Les trains de voyageurs ne devront être remorqués que par une seule locomotive, sauf les cas où l'emploi d'une machine de renfort deviendrait nécessaire, soit pour la montée d'une rampe de forte inclinaison, soit par suite d'une affluence extraordinaire de voyageurs, de l'état de l'atmosphère, d'un accident ou d'un retard exigeant l'emploi de secours ou de tout autre cas préalablement déterminé par le ministre des Travaux publics.

Il sera, dans tous les cas, sauf le cas de secours, interdit d'atteler simultanément plus de deux locomotives à un train de voyageurs.

La machine placée en tête devra régler la marche du train.

Il devra toujours y avoir en tête de chaque train, entre le tender et la première voiture de voyageurs, au moins un véhicule ne portant pas de voyageurs ; cette obligation ne s'applique ni aux trains légers, ni aux trains de secours, ni aux trains de composition spéciale qui en auront été dispensés par le ministre des Travaux publics.

Dans tous les cas où il sera attelé plus d'une locomotive à un train, mention en sera faite sur un registre à ce destiné, avec indication du motif de la mesure, de la gare où elle aura été jugée nécessaire et de l'heure à laquelle le train aura quitté cette gare.

Ce régistre sera représenté, à toute réquisition, aux fonctionnaires et agents du contrôle.

Art. 21. — Le ministre des Travaux publics, la compagnie entendue, arrêtera les règles à suivre pour le transport des matières dangereuses (explosibles, inflammables, vénéneuses, etc.) et des matières infectes : il déterminera notamment les cas dans lesquels le transport de ces marchandises dans un train de voyageurs est interdit.

Art. 22. — Le ministre des Travaux publics déterminera, la compagnie entendue, les précautions à prendre dans la formation des trains pour éviter, soit au départ ou à l'arrivée, soit pendant la marche, toute réaction dangereuse ou incommode entre les divers véhicules.

Art. 23. — Le conducteur de tête et, sauf les exceptions autorisées par le ministre, les gardes-freins seront mis en communication avec le mécanicien pour donner, en cas d'accident, le signal d'alarme par tel moyen qui sera autorisé par le ministre des Travaux publics, sur la proposition de la compagnie.

Sauf les exceptions autorisées par le ministre des Travaux publics, les compartiments des voitures à voyageurs seront tous mis en communication avec le mécanicien ou le conducteur chef du train par un signal d'alarme en bon état de fonctionnement.

Art. 24. — Pendant la nuit et pendant le jour, au passage des souterrains désignés par le ministre des Travaux publics, les fanaux des trains devront être allumés, et les voitures destinées aux voyageurs devront être éclairées intérieurement.

Ces voitures devront être chauffées pendant la saison froide dans les conditions approuvées par le ministre.

En cas d'insuffisance des mesures adoptées par la compagnie en ce qui concerne l'éclairage ou le chauffage des trains et voitures, le ministre prescrira, la compagnie entendue, les dispositions qu'il jugera nécessaires.

Tout train transportant des voyageurs sera muni, sauf exception autorisée par le ministre, d'une boîte de secours dont la composition sera approuvée par le ministre.

TITRE IV

DU DÉPART, DE LA CIRCULATION ET DE L'ARRIVÉE DES TRAINS

Art. 25. — Le ministre des Travaux publics déterminera, sur la proposition de la compagnie, pour les lignes à plusieurs voies, celles de ces voies qui seront affectées à la circulation de chaque sens, et pour les lignes à une voie, les points de croisement.

Il ne pourra être dérogé, sous aucun prétexte, aux dispositions qui auront été prescrites par le ministre, si ce n'est dans le cas où la voie serait interceptée, et, dans ce cas, le changement devra être fait avec les précautions spéciales qui seront indiquées par les règlements de la compagnie dûment homologués.

Art. 26. — Avant le départ du train, le mécanicien s'assurera si toutes les parties de la locomotive et du tender sont en bon état.

En ce qui concerne les voitures et leurs freins, la même vérification sera faite dans les conditions déterminées par le règlement homologué de la compagnie.

Le signal du départ ne sera donné que lorsque les portières seront fermées.

Le train ne devra être mis en marche qu'après le signal du départ.

Art. 27. — Aucun train ne pourra partir d'une gare ni y arriver avant l'heure déterminée par l'horaire de la marche des trains.

Toutefois, pour l'arrivée, une tolérance pourra être accordée par le ministre.

Les mesures propres à maintenir, entre les trains qui suivent, l'intervalle de temps ou d'espace nécessaire pour assurer la sécurité de la circulation seront déterminées par le ministre des Travaux publics, la compagnie entendue.

Des signaux seront placés à l'entrée des gares, dans les gares et sur la voie, partout où cela sera jugé utile pour faire connaître aux mécaniciens s'ils doivent arrêter ou ralentir leur marche.

En cas d'insuffisance des signaux établis par la compagnie, le ministre prescrira, la compagnie entendue, l'établissement de ceux qu'il jugera nécessaires.

Art. 28. — Sauf le cas de force majeure ou de réparation de la voie, les trains ne pourront s'arrêter qu'aux gares ou aux lieux de stationnement autorisés.

Les voies affectées à la circulation des trains devront être couvertes par des signaux, ainsi qu'il est dit à l'article 32, dans les cas où il y aura nécessité absolue d'y faire stationner momentanément des machines, des voitures ou des wagons.

Art. 29. — Le ministre des Travaux publics déterminera, sur la proposition de la compagnie, les mesures spéciales de précaution relatives à la circulation des trains sur les parties du chemin de fer qui offriraient un danger particulier.

Il déterminera également, sur la proposition de la compagnie, la vitesse maximum que les trains de toute nature pourront prendre sur les diverses parties de chaque ligne.

Art. 30. — Le ministre des Travaux publics prescrira, sur la proposition de la compagnie, les mesures spéciales de précaution à prendre pour l'expédition des trains extraordinaires.

Dès que l'expédition d'un train extraordinaire aura été décidée, déclaration devra en être faite immédiatement aux agents du contrôle et aux fonctionnaires désignés par le ministre des Travaux publics, avec indication du motif de l'expédition du train et de son horaire.

Art. 31. — Des agents chargés de l'entretien et de la surveillance de la voie seront placés sur la ligne en nombre suffisant pour assurer la libre circulation des trains.

Ces agents seront pourvus, le jour et la nuit, de signaux d'arrêt et de ralentissement.

Des agents seront en outre placés à des endroits déterminés pour la manœuvre des signaux fixes et, s'il y a lieu, pour l'annonce des trains de proche en proche.

En cas d'insuffisance, le ministre des Travaux publics réglera le nombre des agents de ces diverses catégories, la compagnie entendue.

Art. 32. — Dans le cas où soit un train, soit une machine isolée s'arrêterait accidentellement sur la voie, des signaux de protection seront faits dans les conditions déterminées par les règlements de la compagnie dûment homologués.

Les mécaniciens, les conducteurs chefs et les conducteurs devront être munis pendant leur service des signaux indiqués par ces règlements.

Des précautions spéciales seront prises pour garantir la sécurité des trains dans le cas où il deviendrait impossible de maintenir leur vitesse normale.

Art. 33. — Lorsque les travaux de réparation effectués sur une voie seront de nature à en altérer momentanément la stabilité, ils devront être protégés par des signaux d'arrêt ou de ralentissement.

Art. 34. — Lorsque, par suite d'un accident, de réparation ou de toute autre cause, la circulation devra s'effectuer momentanément sur une seule voie, il devra être placé un garde auprès ces aiguilles de chacun des changements de voie extrêmes.

Les gardes ne laisseront les trains s'engager dans la voie unique réservée à la circulation que dans les conditions prescrites par les règlements homologués ou les ordres de service de la compagnie.

Il sera donné connaissance au service du contrôle des mesures prises pour assurer la circulation sur la voie unique.

Art. 35. — La compagnie sera tenue de faire connaître au ministre des Travaux publics le système de signaux qu'elle aura adopté ou qu'elle se propose d'adopter pour les cas prévus par le présent titre. Le ministre prescrira les modifications qu'il jugera nécessaires.

Art. 36. — Le mécanicien devra porter constamment son attention sur l'état de la voie, arrêter ou ralentir la marche en cas d'obstacles, suivant les circonstances, se conformer aux signaux qui lui seront transmis et signaler au premier arrêt les anomalies qu'il aura remarquées ; il surveillera toutes les parties de la machine, la tension de la vapeur et le niveau d'eau de la chaudière. Il veillera à ce que rien n'embarrasse la manœuvre des freins dont il a la disposition.

Art. 37. — Les mesures de précaution à observer par le mécanicien aux approches et au passage des bifurcations, embranchements ou traversées de voies seront fixées par des règlements approuvés par le ministre des Travaux publics.

Aux points de bifurcation, des signaux devront indiquer le sens dans lequel les aiguilles sont placées.

A l'approche des gares où le train doit s'arrêter, le mécanicien devra prendre les dis-

positions convenables pour qu'il ne dépasse pas le point où les voyageurs doivent descendre.

Art. 38. — Avant la mise en marche, à l'approche des gares, des passages à niveau en courbe, ainsi que des autres passages à niveau et bifurcations désignés par le ministre des Travaux publics, à l'entrée et à la sortie des tranchées en courbe et des souterrains, le mécanicien devra faire jouer le sifflet pour avertir de l'approche du train.

Il se servira également du sifflet comme moyen d'avertissement, toutes les fois que la voie ne lui paraîtra pas complètement libre.

Le sifflet pourra être remplacé par un autre signal acoustique approuvé par le ministre des Travaux publics.

Art. 39. — Aucune personne autre que le mécanicien et le chauffeur ne pourra monter sur la locomotive ou sur le tender, à moins d'une permission spéciale et écrite du directeur du chemin de fer ou de son délégué.

Seront exceptés de cette interdiction les ingénieurs des Ponts et Chaussées et les ingénieurs des Mines chargés du contrôle et les agents du Contrôle technique. Les commissaires de surveillance administrative pourront également monter sur la locomotive ou le tender, en remettant au chef de la gare ou au conducteur principal du train une réquisition écrite et motivée.

Art. 40. — Sur des points qui seront désignés par le ministre des Travaux publics, la compagnie entendue, des machines de secours ou de réserve devront être constamment entretenues en feu et prêtes à partir.

Les règles relatives au service de ces machines seront déterminées par le ministre sur la proposition de la compagnie

Art. 41. — Il y aura constamment, aux lieux de dépôt des machines, un wagon chargé de tous les agrès et outils nécessaires en cas d'accident.

Chaque train devra, d'ailleurs, être muni des outils les plus indispensables.

Art. 42. — Aux gares qui seront désignées par le ministre des Travaux publics, il sera tenu des registres sur lesquels on mentionnera les retards des trains exédant des limites déterminées par le ministre. Ces registres indiqueront la nature et la composition des trains, les points extrêmes de leur parcours, le numéro des locomotives qui les ont remorqués, les heures de départ et d'arrivée, les causes et la durée du retard.

Ces registres seront présentés, à toute réquisition, aux agents du Contrôle.

Art. 43. — Les horaires fixant la marche des trains ordinaires de toute nature seront soumis par la compagnie à l'approbation du ministre des travaux publics ; à cet effet, avant leur mise en vigueur et dans les délais prescrits par le ministre, la compagnie les lui communiquera, ainsi qu'aux fonctionnaires désignés par lui et au service du contrôle.

Si, à la date annoncée pour la mise en vigueur de nouveaux horaires, le ministre n'a pas notifié à la compagnie son opposition, ces horaires pourront être appliqués à titre provisoire.

A toute époque, le ministre des Travaux publics pourra prescrire d'apporter aux horaires des trains les modifications ou additions qu'il jugera nécessaires pour la sûreté de la circulation ou les besoins du public.

Les horaires des trains transportant des voyageurs seront portés à la connaissance du public, avant leur mise en vigueur, par des affiches placées dans les gares, dans les conditions fixées par le ministre des Travaux publics. Ces affiches devront mentionner ceux des trains contenant des voitures de toutes classes pour lesquels la Compagnie sera dispensée de faire le service des messageries.

TITRE V [1]

DE LA PERCEPTION DES TAXES ET DES FRAIS ACCESSOIRES

ART. 44. — Aucun taxe, de quelque nature qu'elle soit, ne pourra être perçue par la compagnie qu'en vertu d'une homologation du ministre des Travaux publics.

Les taxes perçues actuellement sur les chemins dont les concessions sont antérieures à 1835 et qui ne sont pas encore régularisées devront l'être avant le 1er avril 1847.

ART. 45. — Pour l'exécution du paragraphe 1er de l'article qui précède, la Compagnie devra dresser un tableau des prix qu'elle a l'intention de percevoir, dans la limite du maximum autorisé par le cahier des charges, pour le transport des voyageurs, des bestiaux, marchandises et objets divers, et en transmettre en même temps des expéditions auministre des travaux publics, aux préfets des départements traversés par le chemin de fer et au service du contrôle.

ART. 46. — La compagnie devra, en outre, dans le plus court délai et dans les formes énoncées en l'article précédent, soumettre ces propositions au ministre des Travaux publics pour les prix de transport non déterminés par le cahier des charges à l'égard desquels le ministre est appelé à statuer.

ART. 47. — Quant aux frais accessoires, tels que ceux de déchargement et d'entrepôt dans les gares et magasins du chemin de fer, et quant à toutes les taxes qui doivent être réglées annuellement, la compagnie devra en soumettre le règlement à l'approbation du ministre des Travaux publics, dans le dixième mois de chaque année. Jusqu'à décision, les anciens tarifs continueront à être perçus.

ART. 48. — Les tableaux des taxes et des frais accessoires approuvés seront constamment affichés dans les lieux les plus apparents des gares et stations des chemins de fer.

ART. 49. — Lorsque la compagnie voudra apporter quelques changements aux prix autorisés, elle en donnera avis au ministre des Travaux publics, aux préfets des départements traversés et au service du contrôle.

Le public sera en même temps informé par des affiches des changements soumis à l'approbation du ministre.

A l'expiration du mois, à partir de la date de l'affiche, lesdites taxes pourront être perçues, si dans cet intervalle le ministre des Travaux publics les a homologuées.

Si des modifications à quelques-uns des prix affichés étaient prescrites par le ministre, les prix modifiés devront être affichés de nouveau et ne pourront être mis en perception qu'un mois après la date de ces affiches.

ART. 50. — La compagnie sera tenue d'effectuer avec soin, exactitude et célérité, et sans tour de faveur, les transports des marchandises, bestiaux et objets de toute nature qui lui seront confiés.

Au fur et à mesure que des colis, des bestiaux ou des objets quelconques arriveront au chemin de fer, enregistrement en sera fait immédiatement avec mention du prix total dû pour le transport. Le transport s'effectuera dans l'ordre des inscriptions, à moins de délais demandés ou consentis par l'expéditeur et qui seront mentionnés dans l'enregistrement.

Un récépissé devra être délivré à l'expéditeur, s'il le demande, sans préjudice, s'il y a lieu, de la lettre de voiture. Le récépissé énoncera la nature et le poids des colis, le prix total du transport et le délai dans lequel ce transport devra être effectué.

Les registres mentionnés au présent article seront représentés à toute réquisition des fonctionnaires et agents chargés de veiller à l'exécution du présent règlement.

[1] Ce titre est la reproduction pure et simple du titre V de l'ordonnance de 1846.

TITRE VI

POLICE ET SURVEILLANCE

ART. 51. — La surveillance de l'exploitation des chemins de fer s'exercera concurremment :

Par les ingénieurs des Ponts et Chaussées ou des Mines, les conducteurs des Ponts et Chaussées, les contrôleurs des Mines.

Par les fonctionnaires du Contrôle de l'exploitation commerciale ;

Par les commissaires de surveillance administrative ;

Et par les autres agents du Contrôle.

ART. 52. — Les attributions de ces agents et l'organisation du service de Contrôle sont définis par les règlements spéciaux.

ART. 53. — Les compagnies seront tenues de présenter, à toute réquisition, aux directeurs des services de contrôle ou à leurs délégués, leurs registres et pièces de dépenses et de recettes, leurs circulaires et ordres de service, les traités qu'elles ont passés avec d'autres entreprises de transport et, en général, tous les documents nécessaires à l'exercice de la mission confiée aux services de contrôle.

ART. 54. — Les compagnies seront tenues de fournir des locaux convenables pour les commissaires de surveillance administrative.

ART. 55. — Toutes fois qu'il arrivera un accident sur le chemin de fer, il en sera fait immédiatement déclaration par la compagnie ou par ses agents au commissaire de surveillance administrative de la circonscription.

Lorsque l'accident aura une certaine gravité, la compagnie exploitante avisera en outre, par la voie la plus rapide, le ministre des Travaux publics, le directeur du Service de contrôle, le préfet du département, les ingénieurs du Contrôle de la voie et de l'exploitation.

Lorsqu'il se produira un fait de nature à donner ouverture à l'action publique et, en tout cas, s'il y a mort ou blessure, cet avis devra être également transmis au procureur de la République.

ART. 56. — Les compagnies devront soumettre leurs règlements relatifs au service à l'approbation du ministre des Travaux publics qui prescrira les modifications qu'il jugera nécessaires.

ART. 57. — Il est défendu à toute personne étrangère au service du chemin de fer :

1° De pénétrer, sans y être autorisée régulièrement, dans l'enceinte du chemin de fer, d'y circuler ou stationner ;

2° D'y jeter ou déposer aucuns matériaux ni objets quelconques ;

3° D'y introduire des chevaux, bestiaux ou animaux d'aucune espèce ou de laisser s'y introduire ceux dont elle a la garde ;

4° D'y faire circuler ou stationner aucuns véhicules étrangers au service ;

5° De manœuvrer les appareils qui ne sont pas à la disposition du public, de les déranger ou d'en empêcher le fonctionnement ;

6° De dégrader les clôtures, barrières, talus, bâtiments et ouvrages d'art.

ART. 58. — Il est défendu :

1° D'entrer dans les voitures sans avoir pris un billet, de se placer dans une voiture d'une classe supérieure à celle qui est indiquée par le billet et de prendre une place déjà régulièrement retenue par un autre voyageur ;

2° D'entrer dans les voitures ou d'en sortir autrement que par la portière qui se trouve du côté où se fait le service du train ;

3° De passer d'une voiture dans une autre autrement que par les passages disposés à cet effet, de se pencher au dehors, d'occuper une place non destinée aux voyageurs ou de se placer indûment dans les compartiments ayant une destination spéciale ;

4° De se servir sans motif plausible du signal d'alarme mis à la disposition des voyageurs pour faire appel aux agents de la compagnie.

Les voyageurs ne devront monter dans les voitures ou en descendre qu'aux gares et lorsque le train sera complètement arrêté.

Il est défendu de fumer dans les salles d'attente, ainsi que dans les voitures, exception faite des compartiments portant la plaque indicative : *Fumeurs.*

Il est défendu de cracher ailleurs que dans les crachoirs disposés à cet effet.

Les voyageurs sont tenus d'obtempérer aux injonctions des agents de la compagnie pour l'observation des dispositions mentionnées aux paragraphes ci-dessus.

Art. 59. — Il est interdit d'admettre dans les voitures plus de voyageurs que ne le comporte le nombre de places indiqué, conformément à l'article 12.

Art. 60. — L'entrée des voitures est interdite :

1° A toute personne en état d'ivresse ;

2° A tous individus porteurs d'armes à feu chargées ou d'objets qui, par leur nature, leur volume ou leur odeur, pourraient gêner ou incommoder les voyageurs.

Tout individu porteur d'une arme à feu doit, avant son admission sur les quais d'embarquement, faire constater que son arme n'est point chargée.

Toutefois, lorsqu'ils y sont obligés par leur service, les agents de la force publique peuvent conserver avec eux, dans les voitures, des armes à feu chargées, à condition de prendre place dans des compartiments réservés.

Pourront être exclues des compartiments affectés au public les personnes atteintes visiblement ou notoirement de maladies dont la contagion serait à redouter pour les voyageurs. Les compartiments dans lesquels elles auront pris place seront, dès l'arrivée, soumis à la désinfection.

Art. 61. — Les personnes qui voudront expédier des matières de la nature de celles qui sont mentionnées à l'article 21 devront les déclarer au moment où elles les apporteront dans les gares du chemin de fer.

Art. 62. — Aucun animal ne sera admis dans les voitures servant au transport des voyageurs.

Toutefois, la compagnie pourra placer dans des compartiments spéciaux les voyageurs qui ne voudraient pas se séparer de leurs chiens, pourvu que ces animaux soient muselés, en quelque saison que ce soit.

En outre, des exceptions pourront être autorisées pour les animaux de petite taille convenablement enfermés.

Art. 63. — Les cantonniers, gardes-barrières et autres agents du chemin de fer devront faire sortir immédiatement toute personne qui se serait introduite dans l'enceinte du chemin ou dans quelque portion que ce soit de ses dépendances où elle n'aurait pas le droit d'entrer.

En cas de résistance de la part des contrevenants, tout employé du chemin de fer pourra requérir l'assistance des agents de la force publique.

Les animaux abandonnés qui seront trouvés dans l'enceinte du chemin de fer seront saisis et mis en fourrière.

TITRE VII

DISPOSITIONS DIVERSES

Art. 64. — Dans tous les cas où, conformément aux dispositions du présent règlement, le ministre des Travaux publics devra statuer sur la proposition d'une compagnie, la com-

pagnie sera tenue de lui soumettre cette proposition dans le délai qu'il aura déterminé, faute de quoi le ministre pourra statuer directement.

Si le ministre pense qu'il y a lieu de modifier la proposition de la compagnie, il devra, sauf le cas d'urgence, entendre la compagnie avant de prescrire les modifications.

Art. 65. — Si les installations de certaines gares, leur personnel ou le matériel roulant sont insuffisants pour permettre à la compagnie d'assurer dans les circonstances normales la marche régulière du service, en observant les conditions et délais déterminés par les règlements et les tarifs, la compagnie, sur la mise en demeure qui lui sera adressée par le ministre, devra prendre les mesures nécessaires pour y pourvoir.

Faute par elle d'avoir présenté au ministre, dans le délai imparti par la mise en demeure, des propositions ou des projets suffisants, le ministre statuera directement.

Art. 66. — Aucun crieur, vendeur ou distributeur d'objets quelconques ne pourra être admis par les compagnies à exercer sa profession dans les cours ou bâtiments des gares qu'en vertu d'une autorisation spéciale du préfet du département.

Art. 67. — Les attributions données aux préfets des départements par le présent décret seront exercées par le préfet de police dans toute l'étendue de son ressort.

Art. 68. — Le ministre des Travaux publics déterminera, la compagnie entendue, les dispositions relatives à la durée du travail des agents qu'il jugera nécessaires à la sécurité de l'exploitation.

Art. 69. — Tout agent employé sur les chemins de fer sera revêtu d'un uniforme ou porteur d'un signe distinctif.

Art. 70. — Nul ne peut être employé en qualité de mécanicien conducteur de train ou de chauffeur s'il ne produit des certificats de capacité délivrés dans les formes qui seront déterminées par le ministre des Travaux publics.

Art. 71. — Aux gares désignées par le ministre, les compagnies entretiendront les médicaments et moyens des secours nécessaires en cas d'accident.

Art. 72. — Il sera tenu dans chaque gare un registre destiné à recevoir les réclamations des voyageurs, expéditeurs ou destinataires qui auraient des plaintes à former soit contre la compagnie, soit contre ses agents. Ce registre sera présenté à toute réquisition des voyageurs, expéditeurs ou destinataires et communiqué sur place aux fonctionnaires et agents du Contrôle.

Dès qu'une plainte aura été inscrite sur le registre, le chef de gare devra en envoyer copie au commissaire de surveillance administrative de la circonscription.

Art. 73. — Les registres mentionnés aux articles 9, 20, 42 et 72 ci-dessus seront cotés et paraphés par le commissaire de surveillance administrative.

Art. 74. — Des exemplaires du présent décret seront constamment affichés dans les gares, à la diligence des compagnies.

Le conducteur principal d'un train en marche devra également être muni d'un exemplaire du décret.

Des extraits devront être délivrés, chacun pour ce qui le concerne, aux mécaniciens, chauffeurs, gardes-freins, cantonniers, gardes-barrières et autres agents employés sur le chemin de fer.

Des extraits, en ce qui concerne les règles à observer par les voyageurs pendant le trajet, devront être placés dans chaque compartiment.

Art. 75 — Sur les lignes où il sera fait usage de l'énergie électrique pour la traction des trains, le ministre des Travaux publics pourra autoriser des dérogations au présent décret, justifiées par ce mode spécial de traction.

Art. 76. — Seront constatées, poursuivies et réprimées conformément au titre III de

la loi du 15 juillet 1845 sur la police des chemins de fer, les contraventions au présent décret, aux décisions rendues par le ministre des Travaux publics et aux arrêtés pris sous son approbation, s'il y a lieu, par les préfets, pour l'exécution dudit décret.

Art. 77. — Pour l'application du présent décret aux chemins de fer d'intérêt local, les attributions conférées au ministre des Travaux publics seront exercées par le préfet, si elles ne sont déjà réservées soit au ministre, soit à d'autres autorités par les lois et règlements.

Art. 78. — Le présent décret ne sera pas applicable aux tramways, qui resteront soumis aux règlements d'administration publique pris en exécution de la loi du 11 juin 1880.

Émile Loubet.

Par le Président de la République :

Le ministre des Travaux publics,

Pierre Baudin.

CAHIER DES CHARGES

ARRÊTÉ EN 1857

POUR LES RÉSEAUX DU NORD, DE PARIS A ORLÉANS, DE PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE ET DU MIDI, ET EN 1859 POUR LES RÉSEAUX DE L'EST ET DE L'OUEST

TITRE PREMIER

TRACÉ ET CONSTRUCTION DES CHEMINS

ARTICLE PREMIER. — La concession de la compagnie d... comprend les chemins de fer ci-après, savoir :

. . . . . .

Les tracés des lignes exécutées ou en cours d'exécution sont maintenus conformément aux projets approuvés.

Les tracés des lignes à exécuter sont définis ainsi qu'il suit :

. . . . . .

ART. 2. — Les travaux devront être exécutés dans les délais ci-après fixés, savoir :

. . . . . .

ART. 3. — Aucun travail ne pourra être entrepris, pour l'établissement des chemins de fer et de leurs dépendances, qu'avec l'autorisation de l'administration supérieure ; à cet effet, les projets de tous les travaux à exécuter seront dressés en double expédition et soumis à l'approbation du ministre, qui prescrira, s'il y a lieu, d'y introduire telles modifications que de droit : l'une de ces expéditions sera remise à la compagnie avec le visa du ministre, l'autre demeurera entre les mains de l'administration.

Avant comme pendant l'exécution, la compagnie aura la faculté de proposer aux projets approuvés les modifications qu'elle jugerait utiles ; mais ces modifications ne pourront être exécutées que moyennant l'approbation de l'administration supérieure.

ART. 4. — La compagnie pourra prendre copie de tous les plans, nivellements et devis qui pourraient avoir été antérieurement dressés aux frais de l'État.

ART. 5. — Le tracé et le profil du chemin de fer seront arrêtés sur la production d'un projet d'ensemble comprenant, pour chaque ligne ou pour chaque section de ligne :

1° Un plan général à l'échelle de un dix-millième ;

2° Un profil en long à l'échelle d'un cinq-millième pour les longueurs et d'un millième pour les hauteurs, dont les cotes seront rapportées au niveau moyen de la mer, pris pour plan de comparaison ; au-dessous de ce profil, on indiquera, au moyen de trois lignes horizontales disposées à cet effet, savoir :

Les distances kilométriques du chemin de fer, comptées à partir de son origine ;

La longueur et l'inclinaison de chaque pente ou rampe ;

La longueur des parties droites et le développement des parties courbes du tracé, en faisant connaître le rayon correspondant à chacune de ces dernières ;

3° Un certain nombre de profils en travers, y compris le profil type de la voie ;

4° Un mémoire dans lequel seront justifiées toutes les dispositions essentielles du projet et un devis descriptif dans lequel seront reproduites, sous forme de tableaux, les indications relatives aux déclivités et aux courbes déjà données sur le profil en long.

La position des gares et stations projetées, celle des cours d'eau et des voies de communication traversés par le chemin de fer, des passages, soit à niveau, soit en dessus, soit en dessous de la voie ferrée, devront être indiquées tant sur le plan que sur le profil en long : le tout sans préjudice des projets à fournir pour chacun de ces ouvrages.

Art. 6. — Les terrains seront acquis et les ouvrages d'art seront exécutés immédiatement par deux voies[1]; les terrassements pourront être exécutés et des rails pourront être posés pour une voie seulement, sauf l'établissement d'un certain nombre de gares d'évitement.

La compagnie sera tenue d'ailleurs d'établir la deuxième voie soit sur la totalité du chemin, soit sur les parties qui lui seront désignées, lorsque l'insuffisance d'une seule voie par suite du développement de la circulation aura été constatée par l'administration.

Les terrains acquis par la compagnie pour l'établissement de la seconde voie ne pourront recevoir une autre destination.

Art. 7. — La largeur de la voie entre les bords intérieurs des rails devra être de un mètre quarante-quatre centimètres (1,44 m.) à un mètre quarante-cinq centimètres (1,45 m.).

Dans les parties à deux voies, la largeur de l'entrevoie, mesurée entre les bords extérieurs des rails, sera de deux mètres (2 m.).

La largeur des accotements, c'est-à-dire des parties comprises de chaque côté entre le bord extérieur du rail et l'arête supérieure du ballast, sera de un mètre (1 m.) au moins.

On ménagera au pied de chaque talus du ballast une banquette de cinquante centimètres (0,50 m.) de largeur.

La compagnie établira le long du chemin de fer les fossés ou rigoles qui seront jugés nécessaires pour l'asséchement de la voie et pour l'écoulement des eaux.

Les dimensions de ces fossés et rigoles seront déterminées par l'administration, suivant les circonstances locales sur les propositions de la compagnie.

Art. 8. — Les alignements seront raccordés entre eux par des courbes dont le rayon ne poura être inférieur à... mètres. Une partie droite de cent mètres au moins de longueur devra être ménagée entre deux courbes consécutives, lorsqu'elles seront dirigées en sens contraire.

Le maximum de l'inclinaison des pentes et rampes est fixé à ... millimètres par mètre.

Une partie horizontale de cent mètres au moins devra être ménagée entre deux fortes déclivités consécutives, lorsque ces déclivités se succéderont en sens contraire, et de manière à verser leurs eaux au même point.

Les déclivités correspondant aux courbes de faible rayon devront être réduites autant que faire se pourra.

La compagnie aura la faculté de proposer aux dispositions de cet article et à celles de l'article précédent les modifications qui lui paraîtraient utiles; mais ces modifications ne pourront être exécutées que moyennant l'approbation préalable de l'administration supérieure.

Art. 9. — Le nombre, l'étendue et l'emplacement des gares d'évitement seront déterminés par l'administration, la compagnie entendue.

Le nombre des voies sera augmenté, s'il y a lieu, dans les gares et aux abords de ces gares conformément aux décisions qui seront prises par l'administration, la compagnie entendue.

Le nombre et l'emplacement des stations de voyageurs et des gares de marchandises

[1] Les cahiers des charges des compagnies de Paris à Orléans et de Paris-Lyon-Méditerranée prévoyaient des exceptions à cette règle.

seront également déterminés par l'administration, sur les propositions de la compagnie, après une enquête spéciale.

La compagnie sera tenue, préalablement à tout commencement d'exécution, de soumettre à l'administration le projet desdites gares, lequel se composera :

1° D'un plan à l'échelle de un cinq-centième, indiquant les voies, les quais, les bâtiments et leur distribution intérieure, ainsi que la disposition de leurs abords ;

2° D'une élévation des bâtiments à l'échelle de un centimètre par mètre ;

3° D'un mémoire descriptif dans lequel les dispositions essentielles du projet seront justifiées.

Art. 10. — A moins d'obstacles locaux dont l'appréciation appartiendra à l'administration, le chemin de fer, à la rencontre des routes impériales ou départementales, devra passer, soit au-dessus, soit au-dessous de ces routes.

Les croisements à niveau seront tolérés pour les chemins vicinaux, ruraux ou particuliers.

Art. 11. — Lorsque le chemin de fer devra passer au-dessus d'une route impériale ou départementale ou d'un chemin vicinal, l'ouverture du viaduc sera fixée par l'administration, en tenant compte des circonstances locales ; mais cette ouverture ne pourra, dans aucun cas, être inférieure à huit mètres (8 m.) pour la route impériale, à sept mètres (7 m.) pour la route départementale, à cinq mètres (5 m.) pour un chemin vicinal de grande communication, et à quatre mètres (4 m.) pour un simple chemin vicinal.

Pour les viaducs de forme cintrée, la hauteur sous clef, à partir du sol de la route, sera de cinq mètres (5 m.) au moins. Pour ceux qui seront formés de poutres horizontales en bois ou en fer, la hauteur sous poutre sera de quatre mètres trente centimètres (4,30 m.) au moins.

La largeur entre les parapets sera au moins de huit mètres (8 m.). La hauteur de ces parapets sera fixée par l'administration, et ne pourra, dans aucun cas, être inférieure à quatre-vingts centimètres (0,80 m.).

Art. 12. — Lorsque le chemin de fer devra passer au-dessous d'une route impériale ou départementale ou d'un chemin vicinal, la largeur entre les parapets du pont qui supportera la route ou le chemin sera fixée par l'administration, en tenant compte des circonstances locales ; mais cette largeur ne pourra, dans aucun cas, être inférieure à huit mètres (8 m.) pour la route impériale, à sept mètres (7 m.) pour la route départementale, à cinq mètres (5 m.) pour un chemin vicinal de grande communication, et à quatre mètres (4 m.) pour un simple chemin vicinal.

L'ouverture du pont entre les culées sera au moins de huit mètres (8 m.), et la distance verticale ménagée au-dessus des rails extérieurs de chaque voie pour le passage des trains ne sera pas inférieure à quatre mètres quatre-vingts centimètres (4,80 m.) au moins.

Art. 13. — Dans le cas où des routes impériales ou départementales, ou des chemins vicinaux, ruraux ou particuliers seraient traversés à leur niveau par le chemin de fer, les rails devront être posés sans aucune saillie ni dépression sur la surface de ces routes, et de telle sorte qu'il n'en résulte aucune gêne pour la circulation des voitures.

Le croisement à niveau du chemin de fer et des routes ne pourra s'effectuer sous un angle de moins de 45°.

Chaque passage à niveau sera muni de barrières ; il y sera, en outre, établi une maison de garde, toutes les fois que l'utilité en sera reconnue par l'administration.

La compagnie devra soumettre à l'approbation de l'administration les projets types de ces barrières.

Art. 14. — Lorsqu'il y aura lieu de modifier l'emplacement ou le profil des routes existantes, l'inclinaison des pentes et rampes sur les routes modifiées ne pourra excéder trois centimètres (0,03 m.) par mètre pour les routes impériales ou départementales, et

cinq centimètres (0,05 m.) pour les chemins vicinaux. L'administration restera libre, toutefois, d'apprécier les circonstances qui pourraient motiver une dérogation à cette clause, comme à celle qui est relative à l'angle de croisement des passages à niveau.

Art. 15. — La compagnie sera tenue de rétablir et d'assurer à ses frais l'écoulement de toutes les eaux dont le cours serait arrêté, suspendu ou modifié par ses travaux.

Les viaducs à construire à la rencontre des rivières, des canaux et des cours d'eau quelconques auront au moins huit mètres (8 m.) de largeur entre les parapets sur les chemins à deux voies, et quatre mètres cinquante centimètres (4,50 m.) sur les chemins à une voie. La hauteur de ces parapets sera fixée par l'administration et ne pourra être inférieure à quatre-vingts centimètres (0,80 m.).

La hauteur et le débouché du viaduc seront déterminés, dans chaque cas particulier, par l'administration, suivant les circonstances locales.

Art. 16. — Les souterrains à établir pour le passage du chemin de fer auront au moins huit mètres (8 m.) de largeur entre les pieds-droits au niveau des rails, et six mètres (6 m.) de hauteur sous clef au-dessus de la surface des rails. La distance verticale entre l'intrados et le dessus des rails extérieurs de chaque voie ne sera pas inférieure à quatre mètres quatre-vingts centimètres (4,80 m.) L'ouverture des puits d'aérage et de construction des souterrains sera entourée d'une margelle en maçonnerie de deux mètres (2 m.) de hauteur. Cette ouverture ne pourra être établie sur aucune voie publique.

Art. 16 *bis*. — Les articles 7, 8, 11, 12, 13, 14, 15 et 16 ci-dessus, relatifs aux conditions d'établissement du chemin de fer, ne s'appliquent pas aux voies, travaux et ouvrages d'art des lignes qui sont actuellement en exploitation, ou en construction et pour lesquels les dispositions des projets approuvés sont maintenues.

Les parties de seconde voie et autres ouvrages qu'il pourra être nécessaire d'établir ultérieurement sur ces lignes seront exécutés conformément aux dispositions des projets précédemment approuvés pour les mêmes lignes.

Art. 17. — A la rencontre des cours d'eau flottables ou navigables, la compagnie sera tenue de prendre toutes les mesures et de payer tous les frais nécessaires pour que le service de la navigation ou du flottage n'éprouve ni interruption ni entrave pendant l'exécution des travaux.

A la rencontre des routes impériales ou départementales et des autres chemins publics, il sera construit des chemins et ponts provisoires, par les soins et aux frais de la compagnie, partout où cela sera jugé nécessaire pour que la circulation n'éprouve ni interruption ni gêne.

Avant que les communications existantes puissent être interceptées, une reconnaissance sera faite par les ingénieurs de la localité, à l'effet de constater si les ouvrages provisoires présentent une solidité suffisante et s'ils peuvent assurer le service de la circulation.

Un délai sera fixé par l'administration pour l'exécution des travaux définitifs destinés à rétablir les communications interceptées.

Art. 18. — La compagnie n'emploiera, dans l'exécution des ouvrages, que des matériaux de bonne qualité ; elle sera tenue de se conformer à toutes les règles de l'art, de manière à obtenir une construction parfaitement solide.

Tous les aqueducs, ponceaux, ponts et viaducs à construire à la rencontre des divers cours d'eau et des chemins publics ou particuliers seront en maçonnerie ou en fer, sauf les cas d'exception qui pourront être admis par l'administration.

Art. 19. — Les voies seront établies d'une manière solide et avec des matériaux de bonne qualité.

Le poids des rails sera au moins de 35 kilogrammes par mètre courant sur les voies de circulation, si ces rails sont posés sur traverses, et de 30 kilogrammes dans le cas où ils seraient posés sur longrines.

La compagnie pourra être autorisée à réduire les poids ci-dessus fixés pour les embranchements et pour les parties de seconde voie à poser sur les sections des lignes actuelles, où le poids des rails est inférieur à 35 kilogrammes [1].

Art. 20. — Le chemin de fer sera séparé des propriétés riveraines par des murs, haies ou toute autre clôture dont le mode et la disposition seront autorisés par l'administration, sur la proposition de la compagnie.

Art. 21. — Tous les terrains nécessaires pour l'établissement du chemin de fer et de ses dépendances, pour la déviation des voies de communication et des cours d'eau déplacés, et, en général, pour l'exécution des travaux, quels qu'ils soient, auxquels cet établissement pourra donner lieu, seront achetés et payés par la compagnie concessionnaire.

Les indemnités pour occupation temporaire ou pour détérioration de terrain, pour chômage, modification ou destruction d'usines, et pour tous dommages quelconques résultant des travaux, seront supportées et payées par la compagnie.

Art. 22. — L'entreprise étant d'utilité publique, la compagnie est investie, pour l'exécution des travaux dépendant de sa concession, de tous les droits que les lois et règlements confèrent à l'administration en matière de travaux publics, soit pour l'acquisition des terrains par voie d'expropriation, soit pour l'extraction, le transport et le dépôt des terres, matériaux, etc.; et elle demeure en même temps soumise à toutes les obligations qui dérivent, pour l'administration, de ces lois et règlements.

Art. 23. — Dans les limites de la zone frontière et dans le rayon de servitude des enceintes fortifiées, la compagnie sera tenue, pour l'étude et l'exécution de ses projets, de se soumettre à l'accomplissement de toutes les formalités et de toutes les conditions exigées par les lois, décrets et règlements concernant les travaux mixtes.

Art. 24. — Si la ligne du chemin de fer traverse un sol déjà concédé pour l'exploitation d'une mine, l'administration déterminera les mesures à prendre pour que l'établissement du chemin de fer ne nuise pas à l'exploitation de la mine, et réciproquement, pour que, le cas échéant, l'exploitation de la mine ne compromette pas l'existence du chemin de fer.

Les travaux de consolidation à faire dans l'intérieur de la mine à raison de la traversée du chemin de fer, et tous les dommages résultant de cette traversée pour les concessionnaires de la mine seront à la charge de la compagnie.

Art. 25. — Si le chemin de fer doit s'étendre sur des terrains renfermant des carrières ou les traverser souterrainement, il ne pourra être livré à la circulation avant que les excavations qui pourraient en compromettre la solidité n'aient été remblayées ou consolidées. L'administration déterminera la nature et l'étendue des travaux qu'il conviendra d'entreprendre à cet effet, et qui seront d'ailleurs exécutés par les soins et aux frais de la compagnie.

Art. 26. — Pour l'exécution des travaux, la compagnie se soumettra aux décisions ministérielles concernant l'interdiction du travail les dimanches et les jours fériés.

Art. 27. — La compagnie exécutera les travaux par des moyens et par des agents à son choix, mais en restant soumise au contrôle et à la surveillance de l'administration.

Ce contrôle et cette surveillance auront pour objet d'empêcher la compagnie de s'écarter des dispositions prescrites par le présent cahier des charges et de celles qui résulteront des projets approuvés.

Art. 28. — A mesure que les travaux seront terminés sur des parties de chemin de fer susceptibles d'être livrées utilement à la circulation, il sera procédé, sur la demande

[1] Le troisième alinéa de l'article 19 n'a pas été inséré dans les cahiers des charges des réseaux de l'Est et de l'Ouest.

de la compagnie, à la reconnaissance et, s'il y a lieu, à la réception provisoire de ces travaux par un ou plusieurs commissaires que l'administration désignera.

Sur le vu du procès-verbal de cette reconnaissance, l'administration autorisera, s'il y a lieu, la mise en exploitation des parties dont il s'agit; après cette autorisation, la compagnie pourra mettre lesdites parties en service et y percevoir les taxes ci-après déterminées. Toutefois, ces réceptions partielles ne deviendront définitives que par la réception générale et définitive du chemin de fer.

Art. 29. — Après l'achèvement total des travaux, et dans le délai qui sera fixé par l'administration, la compagnie fera faire à ses frais un bornage contradictoire et un plan cadastral du chemin de fer et de ses dépendances. Elle fera dresser également à ses frais, et contradictoirement avec l'administration, un état descriptif de tous les ouvrages d'art qui auront été exécutés, ledit état accompagné d'un atlas contenant les dessins cotés de tous lesdits ouvrages.

Une expédition dûment certifiée des procès-verbaux de bornage, du plan cadastral, de l'état descriptif et de l'atlas, sera dressée aux frais de la compagnie et déposée dans les archives du ministère.

Les terrains acquis par la compagnie postérieurement au bornage général, en vue de satisfaire aux besoins de l'exploitation, et qui, par cela même, deviendront partie intégrante du chemin de fer, donneront lieu, au fur et à mesure de leur acquisition, à des bornages supplémentaires, et seront ajoutés sur le plan cadastral; addition sera également faite, sur l'atlas, de tous les ouvrages d'art exécutés postérieurement à sa rédaction.

TITRE II

ENTRETIEN ET EXPLOITATION

Art. 30. — Le chemin de fer et toutes ses dépendances seront constamment entretenus en bon état, de manière que la circulation y soit toujours facile et sûre.

Les frais d'entretien et ceux auxquels donneront lieu les réparations ordinaires et extraordinaires seront entièrement à la charge de la Compagnie.

Si le chemin de fer, une fois achevé, n'est pas constamment entretenu en bon état, il y sera pourvu d'office à la diligence de l'administration et aux frais de la compagnie, sans préjudice, s'il y a lieu, de l'application des dispositions indiquées ci-après dans l'article 40.

Le montant des avances faites sera recouvré au moyen de rôles que le préfet rendra exécutoires.

Art. 31. — La compagnie sera tenue d'établir à ses frais, partout où besoin sera, des gardiens en nombre suffisant pour assurer la sécurité du passage des trains sur la voie et celle de la circulation ordinaire sur les points où le chemin de fer sera traversé à niveau par des routes ou chemins.

Art. 32. — Les machines locomotives seront construites sur les meilleurs modèles : elles devront consumer leur fumée et satisfaire d'ailleurs à toutes les conditions prescrites ou à prescrire par l'administration pour la mise en service de ce genre de machines.

Les voitures de voyageurs devront également être faites d'après les meilleurs modèles, et satisfaire à toutes les conditions réglées ou à régler pour les voitures servant au transport des voyageurs sur les chemins de-fer. Elles seront suspendues sur ressorts et garnies de banquettes.

Il y en aura de trois classes au moins :

Les voitures de première classe seront couvertes, garnies et fermées à glaces;

Celle de deuxième classe seront couvertes, fermées à glaces, et auront des banquettes rembourrées;

Celles de troisième classe seront couvertes, fermées à vitres et munies de banquettes à dossier.

L'intérieur de chacun des compartiments de toute classe contiendra l'indication du nombre des places de ce compartiment.

L'administration pourra exiger qu'un compartiment de chaque classe soit réservé dans les trains de voyageurs aux femmes voyageant seules.

Les voitures de voyageurs, les wagons destinés au transport des marchandises, des chaises de poste, des chevaux ou des bestiaux, les plates-formes et, en général, toutes les parties du matériel roulant seront de bonne et solide construction.

La compagnie sera tenue, pour la mise en service de ce matériel, de se soumettre à tous les règlements sur la matière.

Les machines locomotives, tenders, voitures, wagons de toute espèce, plates-formes composant le matériel roulant, seront constamment entretenus en bon état.

Art. 33. — Des règlements d'administration publique, rendus après que la Compagnie aura été entendue, détermineront les mesures et les dispositions nécessaires pour assurer la police et l'exploitation du chemin de fer, ainsi que la conservation des ouvrages qui en dépendent.

Toutes les dépenses qu'entraînera l'exécution des mesures prescrites en vertu de ces règlements seront à la charge de la compagnie.

La compagnie sera tenue de soumettre à l'approbation de l'administration les règlements relatifs au service et à l'exploitation du chemin de fer.

Les règlements dont il s'agit dans les deux paragraphes précédents seront obligatoires, non seulement pour la compagnie concessionnaire, mais encore pour toutes celles qui obtiendraient ultérieurement l'autorisation d'établir des lignes de chemin de fer d'embranchement ou de prolongement, et, en général, pour toutes les personnes qui emprunteraient l'usage du chemin de fer.

Le ministre déterminera, sur la proposition de la compagnie, le minimum et le maximum de vitesse des convois de voyageurs et de marchandises et des convois spéciaux des postes, ainsi que la durée du trajet.

Art. 34. — Pour tout ce qui concerne l'entretien et les réparations du chemin de fer et de ses dépendances, l'entretien du matériel et le service de l'exploitation, la compagnie sera soumise au contrôle et à la surveillance de l'administration.

En outre de la surveillance ordinaire, l'administration déléguera, aussi souvent qu'elle jugera utile, un ou plusieurs commissaires pour reconnaître et constater l'état du chemin de fer, de ses dépendances et du matériel.

TITRE III

DURÉE, RACHAT ET DÉCHÉANCE DE LA CONCESSION

Art. 35. — La durée de la concession, pour les différentes lignes mentionnées à l'article premier du présent cahier des charges, sera de quatre-vingt-dix-neuf ans (99 ans), à partir du..... Elle finira le.....

Art. 36. — A l'époque fixée pour l'expiration de la concession, et par le seul fait de cette expiration, le gouvernement sera subrogé à tous les droits de la compagnie sur le chemin de fer et ses dépendances, et il entrera immédiatement en jouissance de tous ses produits.

La compagnie sera tenue de lui remettre en bon état d'entretien le chemin de fer et tous les immeubles qui en dépendent, quelle qu'en soit l'origine, tels que les bâtiments des gares et stations, les remises, ateliers et dépôts, les maisons de garde, etc. Il en sera de même de tous les objets immobiliers dépendant également dudit chemin, tels que les

barrières et clôtures, les voies, changements de voies, plaques tournantes, réservoirs d'eau, grues hydrauliques, machines fixes, etc.

Dans les cinq dernières années qui précéderont le terme de la concession, le gouvernement aura le droit de saisir les revenus du chemin de fer et de les employer à rétablir en bon état le chemin de fer et ses dépendances, si la compagnie ne se mettait pas en mesure de satisfaire pleinement et entièrement à cette obligation.

En ce qui concerne les objets mobiliers, tels que le matériel roulant, les matériaux, combustibles et approvisionnements de tout genre, le mobilier des stations, l'outillage des ateliers et des gares, l'État sera tenu, si la compagnie le requiert, de reprendre tous ces objets sur l'estimation qui en sera faite à dire d'experts; et réciproquement, si l'État le requiert, la compagnie sera tenue de les céder de la même manière.

Toutefois, l'État ne pourra être tenu de reprendre que les approvisionnements nécessaires à l'exploitation du chemin pendant six mois.

Art. 37. — A toute époque après l'expiration des quinze premières années de la concession, le gouvernement aura la faculté de racheter la concession entière du chemin de fer.

Pour régler le prix du rachat, on relèvera les produits nets annuels obtenus par la compagnie pendant les sept années qui auront précédé celle où le rachat sera effectué : on en déduira les produits nets des deux plus faibles années, et l'on établira le produit net moyen des cinq autres années.

Ce produit net moyen formera le montant d'une annuité qui sera due et payée à la Compagnie pendant chacune des années restant à courir sur la durée de la concession.

Dans aucun cas, le montant de l'annuité ne sera inférieur au produit net de la dernière des sept annnées prises pour terme de comparaison.

La Compagnie recevra, en outre, dans les trois mois qui suivront le rachat, les remboursements auxquels elle aurait droit à l'expiration de la concession, selon l'article 36 ci-dessus.

Art. 38. — La compagnie est dispensée de tout cautionnement, à raison de la concession des lignes nouvelles.

Art. 39. — Faute par la compagnie d'avoir terminé les travaux dans les délais fixés par l'article 2, faute aussi par elle d'avoir rempli les diverses obligations qui lui sont imposées par le présent cahier des charges, elle encourra la déchéance, et il sera pourvu tant à la continuation et à l'achèvement des travaux qu'à l'exécution des autres engagements contractés par la compagnie, au moyen d'une adjudication que l'on ouvrira sur une mise à prix des ouvrages exécutés, des matériaux approvisionnés et des parties du chemin de fer déjà livrées à l'exploitation.

Les soumissions pourront être inférieures à la mise à prix.

La nouvelle compagnie sera soumise aux clauses du présent cahier des charges et la compagnie évincée recevra d'elle le prix que la nouvelle adjudication aura fixé.

Si l'adjudication ouverte n'amène aucun résultat, une seconde adjudication sera tentée sur les mêmes bases, après un délai de trois mois; si cette seconde tentative reste également sans résultat, la compagnie sera définitivement déchue de tous droits, et alors les ouvrages exécutés, les matériaux approvisionnés et les parties de chemin de fer déjà livrées à l'exploitation appartiendront à l'État.

Art. 40. — Si l'exploitation du chemin de fer vient à être interrompue en totalité ou en partie, l'administration prendra immédiatement, aux frais et risques de la compagnie, les mesures nécessaires pour assurer provisoirement le service.

Si, dans les trois mois de l'organisation du service provisoire, la compagnie n'a pas valablement justifié qu'elle est en état de reprendre et de continuer l'exploitation, et si elle ne l'a pas effectivement reprise, la déchéance pourra être prononcée par le ministre.

Cette déchéance prononcée, le chemin de fer et toutes ses dépendances seront mis en adjudication, et il sera procédé ainsi qu'il est dit à l'article précédent.

ART. 41. — Les dispositions des trois articles qui précèdent cesseraient d'être applicables, et la déchéance ne serait pas encourue, dans le cas où le concessionnaire n'aurait pu remplir ses obligations par suite de circonstances de force majeure dûment constatées.

TITRE IV

TAXES ET CONDITIONS RELATIVES AU TRANSPORT DES VOYAGEURS ET DES MARCHANDISES

ART. 42. — Pour indemniser la compagnie des travaux et dépenses qu'elle s'engage à faire par le présent cahier des charges, et sous la condition expresse qu'elle en remplira exactement toutes les obligations, le gouvernement lui accorde l'autorisation de percevoir, pendant toute la durée de la concession, les droits de péage et les prix de transport ci-après déterminés :

DÉSIGNATION	PRIX		
	de péage.	de transport.	Totaux.
1° PAR TÊTE ET PAR KILOMÈTRE	fr.	fr.	fr.
Grande vitesse.			
Voyageurs. Voitures couvertes, garnies et fermées à glaces (1re classe). . . .	0,067	0,033	0,10
Voyageurs. Voitures couvertes, fermées à glaces et à banquettes rembourrées (2e classe).	0,050	0,025	0,075
Voyageurs. Voitures couvertes et fermées à vitres (3e classe).	0,037	0,018	0,055
Enfants. . Au-dessous de trois ans, les enfants ne payent rien, à la condition d'être portés sur les genoux des personnes qui les accompagnent. De trois à sept ans, ils payent demi-place, et ont droit à une place distincte; toutefois, dans un même compartiment, deux enfants ne pourront occuper que la place d'un voyageur. Au-dessus de sept ans, ils payent place entière.			
Chiens transportés dans les trains de voyageurs (sans que la perception puisse être inférieure à 0,30 c.)	0,010	0,005	0,015
Petite vitesse.			
Bœufs, vaches, taureaux, chevaux, mulets, bêtes de trait	0,07	0,03	0,10
Veaux et porcs.	0,025	0,015	0,04
Moutons, brebis, agneaux, chèvres.	0,01	0,01	0,02
Lorsque les animaux ci-dessus dénommés seront, sur la demande des expéditeurs, transportés à la vitesse des trains de voyageurs, les prix seront doublés.			

DÉSIGNATION	PRIX de péage.	PRIX de transport.	PRIX Totaux.
	fr.	fr.	fr.
2° PAR TONNE ET PAR KILOMÈTRE			
Marchandises transportées à grande vitesse.			
Huîtres. — Poisson frais. — Denrées. — Excédents de bagages et marchandises de toutes classes transportées à la vitesse des trains de voyageurs	0,20	0,16	0,36
Marchandises transportées à petite vitesse.			
PREMIÈRE CLASSE. — Spiritueux. — Huiles. — Bois de menuiserie, de teinture, et autres bois exotiques. — Produits chimiques non dénommés. — Œufs. — Viande fraîche. — Gibier. — Sucre. — Café. — Drogues. — Epiceries. — Tissus. — Denrées coloniales. — Objets manufacturés. — Armes.	0,09	0,07	0,16
DEUXIÈME CLASSE. — Blés. — Grains. — Farines. — Légumes farineux. — Riz, maïs, châtaignes et autres denrées alimentaires non dénommées. — Chaux et plâtres. — Charbon de bois. — Bois à brûler, dit de corde. — Perches. — Chevrons. — Planches. — Madriers. — Bois de charpente. — Marbre en bloc. — Albâtre. — Bitume. — Cotons. — Laines. — Vins. — Vinaigres. — Boissons. — Bière. — Levure sèche. — Coke. — Fers. — Cuivres. — Plomb et autres métaux ouvrés ou non. — Fontes moulées.	0,08	0,06	0,14
TROISIÈME CLASSE. — Houille. — Marne. — Cendres. — Fumiers et engrais. — Pierres à chaux et à plâtre. — Pavés et matériaux pour la construction et la réparation des routes. — Pierres de taille et produits de carrières. — Minerais de fer et autres. — Fonte brute. — Sel. — Moellons. — Meulières. — Cailloux. — Sable. — Argiles. — Briques. — Ardoises[1]. .	0,06	0,04	0,10
3° VOITURES ET MATÉRIEL ROULANT TRANSPORTÉS A PETITE VITESSE (Par pièce et par kilomètre.)			
Wagon ou chariot pouvant porter de 3 à 6 tonnes.	0,09	0,06	0,15
Wagon ou chariot pouvant porter plus de 6 tonnes.	0,12	0,08	0,20
Locomotives pesant de 12 à 18 tonnes (ne traînant pas de convoi).	1,80	1,20	3,00
Locomotives pesant plus de 18 tonnes (ne traînant pas de convoi)	2,25	1,50	3,75
Tender de 7 à 10 tonnes	0,90	0,60	1,50
Tender de plus de 10 tonnes.	1,35	0,90	2,25
Les machines locomotives seront considérées comme ne traînant pas de convoi, lorsque le convoi remorqué, soit de voyageurs, soit de marchandises, ne comportera pas un péage au moins			

[1] Nous avons vu (tome III, page 242) comment la troisième classe des marchandises a été modifiée et divisée en deux classes nouvelles, à la suite des conventions de 1863.

DÉSIGNATION	PRIX		
	de péage.	de transport.	Totaux.
	fr.	fr.	fr.
égal à celui qui serait perçu sur la locomotive avec son tender marchant sans rien traîner.			
Le prix à payer pour un wagon chargé ne pourra jamais être inférieur à celui qui serait dû pour un wagon marchant à vide.			
Voitures à 2 ou 4 roues, à un fond et à une seule banquette dans l'intérieur.	0,15	0,10	0,25
Voitures à 4 roues, à 2 fonds et à 2 banquettes dans l'intérieur, omnibus, diligences, etc. . .	0,18	0,14	0,32
Lorsque, sur la demande des expéditeurs, les transports auront lieu à la vitesse des trains de voyageurs, les prix ci-dessus seront doublés.			
Dans ce cas, deux personnes pourront, sans supplément de prix, voyager dans les voitures à une banquette, et trois dans les voitures à deux banquettes, omnibus, diligences, etc.; les voyageurs excédant ce nombre payeront le prix des places de deuxième classe.			
Voitures de déménagement à 2 ou à 4 roues à vide.	0,12	0,08	0,20
Ces voitures, lorsqu'elles seront chargées, payeront en sus des prix ci-dessus, par kilomètre.	0,08	0,06	0,14
4° SERVICE DES POMPES FUNÈBRES ET TRANSPORT			
Grande vitesse.			
Une voiture des pompes funèbres, renfermant un ou plusieurs cercueils, sera transportée aux mêmes prix et conditions qu'une voiture à 4 roues, à 2 fonds et à 2 banquettes	0,36	0,28	0,64
Chaque cercueil confié à l'administration du chemin de fer sera transporté dans un compartiment isolé, au prix de.	0,18	0,12	0,30

Les prix déterminés ci-dessus pour les transports à grande vitesse ne comprennent pas l'impôt dû à l'État.

Il est expressément entendu que les prix de transport ne seront dus à la compagnie qu'autant qu'elle effectuerait elle-même ces transports à ses frais et par ses propres moyens; dans le cas contraire, elle n'aura droit qu'aux prix fixés pour le péage.

La perception aura lieu d'après le nombre de kilomètres parcourus. Tout kilomètre entamé sera payé comme s'il avait été parcouru en entier.

Si la distance parcourue est inférieure à six kilomètres, elle sera comptée pour six kilomètres.

Le poids de la tonne est de mille kilogrammes.

Les fractions de poids ne seront comptées, tant pour la grande que pour la petite vitesse, que par centième de tonne ou par dix kilogrammes.

Ainsi, tout poids compris entre zéro et dix kilogrammes payera pour dix kilogrammes, entre dix et vingt kilogrammes, pour vingt kilogrammes, etc.

Toutefois, pour les excédents de bagages et marchandises à grande vitesse, les coupures seront établies : 1° de zéro à cinq kilogrammes ; 2° au-dessus de cinq jusqu'à dix kilogrammes; 3° au-dessus de dix kilogrammes par fraction indivisible de dix kilogrammes.

Quelle que soit la distance parcourue, le prix d'une expédition quelconque, soit en grande, soit en petite vitesse, ne poura être moindre de quarante centimes.

Dans le cas où le prix de l'hectolitre de blé s'élèverait sur le marché régulateur de..... à vingt francs ou au-dessus, le gouvernement pourra exiger de la compagnie que le tarif du transport des blés, grains, riz, maïs, farines et légumes farineux, péage compris, ne puisse s'élever au maximum qu'à sept centimes par tonne et par kilomètre.

Art. 43. — A moins d'une autorisation spéciale et révocable de l'administration, tout train régulier de voyageur devra contenir des voitures de toute classe en nombre suffisant pour toutes les personnes qui se présenteraient dans les bureaux du chemin de fer.

Dans chaque train de voyageurs, la compagnie aura la faculté de placer des voitures à compartiments spéciaux, pour lesquels il sera établi des prix particuliers, que l'administration fixera, sur la proposition de la compagnie; mais le nombre des places à donner dans ces compartiments ne pourra dépasser le cinquième du nombre total des places du train.

Art. 44. — Tout voyageur dont le bagage ne pèsera pas plus de trente kilogrammes n'aura à payer, pour le port de ce bagage, aucun supplément du prix de sa place.

Cette franchise ne s'appliquera pas aux enfants transportés gratuitement, et elle sera réduite à vingt kilogrammes pour les enfants transportés à moitié prix.

Art. 45. — Les animaux, denrées, marchandises, effets et autres objets non désignés dans le tarif seront rangés, pour les droits à percevoir, dans les classes avec lesquelles ils auront le plus d'analogie, sans que jamais, sauf les exceptions formulées aux articles 46 et 47 ci-après, aucune marchandise non dénommée puisse être soumise à une taxe supérieure à celle de la première classe du tarif ci-dessus.

Les assimilations de classe pourront être provisoirement réglées par la compagnie; mais elles seront soumises immédiatement à l'administration, qui prononcera définitivement.

Art. 46. — Les droits de péage et les prix de transport déterminés au tarif ne sont point applicables à toute masse indivisible pesant plus de trois mille kilogrammes (3000 kg.).

Néanmoins, la compagnie ne pourra se refuser à transporter les masses indivisibles pesant de trois mille à cinq mille kilogrammes; mais les droits de péage et les prix de transport seront augmentés de moitié.

La compagnie ne pourra être contrainte de transporter les masses pesant plus de cinq mille kilogrammes (5000 kg.).

Si, nonobstant la disposition qui précède, la compagnie transporte des masses indivisibles pesant plus de cinq mille kilogrammes, elle devra, pendant trois mois au moins, accorder les mêmes facilités à tous ceux qui en feraient la demande.

Dans ce cas, les prix de transport seront fixés par l'administration, sur la proposition de la compagnie.

Art. 47. — Les prix de transport déterminés au tarif ne sont point applicables :

1° Aux denrées et objets qui ne sont pas nommément énoncés dans le tarif et qui ne pèseraient pas deux cents kilogrammes sous le volume d'un mètre cube;

2° Aux matières inflammables ou explosibles, aux animaux et objets dangereux, pour lesquels des règlements de police prescriraient des précautions spéciales;

3° Aux animaux dont la valeur déclarée excéderait cinq mille francs;

4° A l'or et à l'argent, soit en lingots, soit monnayés ou travaillés, au plaqué d'or ou d'argent, au mercure et au platine, ainsi qu'aux bijoux, dentelles, pierres précieuses, objets d'arts et autres valeurs;

5° Et, en général, à tous paquets, colis ou excédents de bagages, pesant isolément quarante kilogrammes et au-dessous.

Toutefois, les prix de transport déterminés au tarif sont applicables à tous paquets ou colis, quoique emballés à part, s'ils font partie d'envois pesant ensemble plus de quarante kilogrammes d'objets envoyés par une même personne à une même personne. Il en sera

de même pour les excédents de bagages qui pèseraient ensemble ou isolément plus de quarante kilogrammes.

Le bénéfice de la disposition énoncée dans le paragraphe précédent, en ce qui concerne les paquets et colis, ne peut être invoqué par les entrepreneurs de messageries et de roulage et autres intermédiaires de transports, à moins que les articles par eux envoyés ne soient réunis en un seul colis.

Dans les cinq cas ci-dessus spécifiés, les prix de transport seront arrêtés annuellement par l'administration, tant pour la grande que pour la petite vitesse, sur la proposition de la compagnie.

En ce qui concerne les paquets ou colis mentionnés au paragraphe 5 ci-dessus, les prix de transport devront être calculés de telle manière qu'en aucun cas un de ces paquets ou colis ne puisse payer un prix plus élevé qu'un article de même nature pesant plus de quarante kilogrammes.

Art. 48. — Dans le cas où la compagnie jugerait convenable, soit pour le parcours total, soit pour les parcours partiels de la voie de fer, d'abaisser, avec ou sans conditions, au-dessous des limites déterminées par le tarif, les taxes qu'elle est autorisée à percevoir, les taxes abaissées ne pourront être relevées qu'après un délai de trois mois au moins pour les voyageurs et d'un an pour les marchandises.

Toute modification de tarif proposée par la compagnie sera annoncée un mois d'avance par des affiches.

La perception des tarifs modifiés ne pourra avoir lieu qu'avec l'homologation de l'administration supérieure, conformément aux dispositions de l'ordonnance du 15 novembre 1846.

La perception des taxes devra se faire indistinctement et sans aucune faveur.

Tout traité particulier qui aurait pour effet d'accorder à un ou plusieurs expéditeurs une réduction sur les tarifs approuvés demeure formellement interdit.

Toutefois, cette disposition n'est pas applicable aux traités qui pourraient intervenir entre le gouvernement et la compagnie dans l'intérêt des services publics, ni aux réductions ou remises qui seraient accordées par la compagnie aux indigents.

En cas d'abaissement des tarifs, la réduction portera proportionnellement sur le péage et sur le transport.

Art. 49. — La compagnie sera tenue d'effectuer constamment avec soin, exactitude et célérité, et sans tour de faveur, le transport des voyageurs, bestiaux, denrées, marchandises et objets quelconques qui lui sont confiés.

Les colis, bestiaux et objets quelconques seront inscrits, à la gare d'où ils partent et à la gare où ils arrivent, sur des registres spéciaux, au fur et à mesure de leur réception ; mention sera faite, sur les registres de la gare de départ, du prix total du transport.

Pour les marchandises ayant une même destination, les expéditions auront lieu suivant l'ordre de leur inscription à la gare de départ.

Toute expédition de marchandises sera constatée, si l'expéditeur le demande, par une lettre de voiture dont un exemplaire restera aux mains de la compagnie et l'autre aux mains de l'expéditeur. Dans le cas où l'expéditeur ne demanderait pas de lettre de voiture, la compagnie sera tenue de lui délivrer un récépissé qui énoncera la nature et le poids du colis, le prix total du transport et le délai dans lequel ce transport devra être effectué.

Art. 50. — Les animaux, denrées, marchandises et objets quelconques seront expédiés et livrés de gare en gare, dans les délais résultant des conditions ci-après exprimées :

1° Les animaux, denrées, marchandises et objets quelconques, à grande vitesse, seront expédiés par le premier train de voyageurs comprenant des voitures de toutes classes, et correspondant avec leur destination, pourvu qu'ils aient été présentés à l'enregistrement trois heures avant le départ de ce train.

Ils seront mis à la disposition des destinataires, à la gare, dans le délai de deux heures après l'arrivée du même train.

2° Les animaux, denrées, marchandises et objets quelconques, à petite vitesse, seront expédiés dans le jour qui suivra celui de la remise ; toutefois, l'administration supérieure pourra étendre ce délai à deux jours.

Le maximum de durée du trajet sera fixé par l'administration, sur la proposition de la compagnie, sans que ce maximum puisse excéder vingt-quatre heures par fraction indivisible de cent vingt-cinq kilomètres.

Les colis seront mis à la disposition des destinataires dans le jour qui suivra celui de leur arrivée effective en gare.

Le délai total résultant des trois paragraphes ci-dessus sera seul obligatoire pour la compagnie.

Il pourra être établi un tarif réduit, approuvé par le ministre, pour tout expéditeur qui acceptera des délais plus longs que ceux déterminés ci-dessus pour la petite vitesse.

Pour le transport des marchandises, il pourra être établi, sur la proposition de la compagnie, un délai moyen entre ceux de la grande et de la petite vitesse. Le prix correspondant à ce délai sera un prix intermédiaire entre ceux de la grande et de la petite vitesse.

L'administration supérieure déterminera, par des règlements spéciaux, les heures d'ouverture et de fermeture des gares et des stations, tant en hiver qu'en été, ainsi que les dispositions relatives aux denrées apportées par les trains de nuit et destinées à l'approvisionnement des marchés des villes.

Lorsque la marchandise devra passer d'une ligne sur une autre sans solution de continuité, les délais de livraison et d'expédition au point de jonction seront fixés par l'administration, sur la proposition de la compagnie.

Art. 51. — Les frais accessoires non mentionnés dans les tarifs, tels que ceux d'enregistrement, de chargement, de déchargement et de magasinage dans les gares et magasins du chemin du fer, seront fixés annuellement par l'administration, sur la proposition de la compagnie.

Art. 52. — La compagnie sera tenue de faire, soit par elle-même, soit par un intermédiaire dont elle répondra, le factage et le camionnage pour la remise au domicile des destinataires de toutes les marchandises qui lui sont confiées.

Le factage et le camionnage ne seront pas obligatoires en dehors du rayon de l'octroi, non plus que pour les gares qui desserviraient soit une population agglomérée de moins de cinq mille habitants, soit un centre de population de cinq mille habitants situé à plus de cinq kilomètres de la gare du chemin de fer.

Les tarifs à percevoir seront fixés par l'administration, sur la proposition de la compagnie. Ils seront applicables à tout le monde sans distinction.

Toutefois, les expéditeurs et destinataires resteront libres de faire eux-mêmes et à leurs frais le factage et le camionnage des marchandises.

Art. 53. — A moins d'une autorisation spéciale de l'administration, il est interdit à la compagnie, conformément à l'article 14 de la loi du 15 juillet 1845, de faire directement ou indirectement, avec des entreprises de transport de voyageurs ou de marchandises par terre ou par eau, sous quelque dénomination ou forme que ce puisse être, des arrangements qui ne seraient pas consentis en faveur de toutes les entreprises desservant les mêmes voies de communication.

L'administration, agissant en vertu de l'article 33 ci-dessus, prescrira les mesures à prendre pour assurer la plus complète égalité entre les diverses entreprises de transport dans leurs rapports avec le chemin de fer.

TITRE V

STIPULATIONS RELATIVES A DIVERS SERVICES PUBLICS

Art. 54. — Les militaires ou marins voyageant en corps, aussi bien que les militaires ou marins voyageant isolément pour cause de service, envoyés en congé limité ou en per-

mission, ou rentrant dans leurs foyers après libération, ne seront assujettis, eux, leurs chevaux et leurs bagages, qu'au quart de la taxe du tarif fixé par le présent cahier des charges.

Si le gouvernement avait besoin de diriger des troupes et un matériel militaire ou naval sur l'un des points desservis par le chemin de fer, la compagnie serait tenue de mettre immédiatement à sa disposition, pour la moitié de la taxe du même tarif, tous ses moyens de transport.

Art. 55. — Les fonctionnaires ou agents chargés de l'inspection, du contrôle et de la surveillance du chemin de fer seront transportés gratuitement dans les voitures de la compagnie.

La même faculté est accordée aux agents des contributions indirectes et des douanes chargés de la surveillance des chemins de fer dans l'intérêt de la perception de l'impôt.

Art. 56. — Le service des lettres et dépêches se fera comme il suit :

1° A chacun des trains de voyageurs et de marchandises circulant aux heures ordinaires de l'exploitation, la compagnie sera tenue de réserver gratuitement deux compartiments spéciaux d'une voiture de deuxième classe, ou un espace équivalent, pour recevoir les lettres, les dépêches et les agents nécessaires au service des postes, le surplus de la voiture restant à la disposition de la compagnie.

2° Si le volume des dépêches ou la nature du service rend insuffisante la capacité de deux compartiments à deux banquettes, de sorte qu'il y ait lieu de substituer une voiture spéciale aux wagons ordinaires, le transport de cette voiture sera également gratuit.

Lorsque la compagnie voudra changer les heures de départ de ses convois ordinaires, elle sera tenue d'en avertir l'administration des postes quinze jours à l'avance.

3° Un train spécial régulier, dit *train journalier de la poste*, sera mis gratuitement chaque jour à la disposition du ministre des Finances, pour le transport des dépêches sur toute l'étendue de la ligne.

4° L'étendue du parcours, les heures de départ et d'arrivée, soit du jour, soit de la nuit, la marche et les stationnements de ce convoi, sont réglés par le ministre de l'Agriculture, du Commerce et des Travaux publics et le ministre des Finances, la compagnie entendue.

5° Indépendamment de ce train, il pourra y avoir tous les jours, à l'aller et au retour, un ou plusieurs convois spéciaux dont la marche sera réglée comme il est dit ci-dessus. La rétribution payée à la compagnie pour chaque convoi ne pourra excéder soixante-quinze centimes par kilomètre parcouru pour la première voiture et vingt-cinq centimes pour chaque voiture en sus de la première.

6° La compagnie pourra placer dans les convois spéciaux de la poste des voitures de toutes classes, pour le transport, à son profit, des voyageurs et des marchandises.

7° La compagnie ne pourra être tenue d'établir des convois spéciaux ou de changer les heures de départ, la marche et le stationnement de ces convois, qu'autant que l'administration l'aura prévenue, par écrit, quinze jours à l'avance.

8° Néanmoins, toutes les fois qu'en dehors des services réguliers l'administration requerra l'expédition d'un convoi extraordinaire, soit de jour, soit de nuit, cette expédition devra être faite immédiatement, sauf l'observation des règlements de police. Le prix sera ultérieurement réglé, de gré à gré ou à dire d'experts, entre l'administration et la compagnie.

9° L'administration des postes fera construire à ses frais les voitures qu'il pourra être nécessaire d'affecter au transport et à la manutention des dépêches. Elle réglera la forme et la dimension de celles-ci, sauf l'approbation, par le ministre de l'Agriculture, du Commerce et des Travaux publics, des dispositions qui intéressent la régularité et la sécurité de la circulation. Elles seront montées sur châssis et sur roues. Leur poids ne dépassera pas huit mille kilogrammes, chargement compris. L'administration des postes fera entretenir à ses frais ses voitures spéciales; toutefois l'entretien des châssis et des roues sera à la charge de la compagnie.

10° La compagnie ne pourra réclamer aucune augmentation des prix ci-dessus indiqués, lorsqu'il sera nécessaire d'employer des plates-formes au transport des malles-postes ou des voitures spéciales en réparation.

11° La vitesse moyenne des convois spéciaux mis à la disposition de l'administration des postes ne pourra être moindre que quarante kilomètres à l'heure, temps d'arrêt compris ; l'administration pourra consentir une vitesse moindre, soit à raison des courbes à parcourir, ou bien exiger une plus grande vitesse, dans le cas où la compagnie obtiendrait plus tard dans la marche de son service une vitesse supérieure.

12° La compagnie sera tenue de transporter gratuitement, par tous les convois de voyageurs, tout agent des postes chargé d'une mission ou d'un service accidentel et porteur d'un ordre de service régulier délivré à Paris par le directeur général des postes.

Il sera accordé à l'agent des postes en mission une place de voiture de deuxième classe, ou de première classe, si le convoi ne comporte pas des voitures de deuxième classe.

13° La compagnie sera tenue de fournir à chacun des points extrêmes de la ligne, ainsi qu'aux principales stations intermédiaires qui seront désignées par l'administration des postes, un emplacement sur lequel l'administration pourra faire construire des bureaux de postes ou d'entrepôt des dépêches, et des hangars pour le chargement et le déchargement des malles-postes. Les dimensions de cet emplacement seront au maximum de soixante-quatre mètres carrés dans les gares des départements et du double à Paris.

14° La valeur locative du terrain ainsi fourni par la compagnie lui sera payé de gré à gré ou à dire d'experts.

15° La position sera choisie de manière que les bâtiments, qui y seront construits aux frais de l'administration des postes, ne puissent entraver en rien le service de la compagnie.

16° L'administration se réserve le droit d'établir à ses frais, sans indemnité, mais aussi sans responsabilité pour la compagnie, tous poteaux ou appareils nécessaires à l'échange des dépêches sans arrêt de train, à la condition que ces appareils, par leur nature ou leur position, n'apportent pas d'entraves aux différents services de la ligne ou des stations.

17° Les employés chargés de la surveillance du service, les agents préposés à l'échange ou à l'entrepôt des dépêches auront accès dans les gares ou stations pour l'exécution de leur service, en se conformant aux règlements de police intérieure de la compagnie.

Art. 57. — La compagnie sera tenue, à toute réquisition, de faire partir, par convoi ordinaire, les wagons ou voitures cellulaires employés au transport des prévenus, accusés ou condamnés.

Les wagons et les voitures employés au service dont il s'agit seront construits aux frais de l'État ou des départements; leurs formes et dimensions seront déterminées de concert par le ministre de l'Intérieur et par le ministre de l'Agriculture, du Commerce et des Travaux publics, la compagnie entendue.

Les employés de l'administration, les gardiens et les prisonniers placés dans les wagons ou voitures cellulaires ne seront assujettis qu'à la moitié de la taxe applicable aux places de troisième classe, telle qu'elle est fixée par le présent cahier des charges.

Les gendarmes placés dans les mêmes voitures ne payeront que le quart de la même taxe.

Le transport des wagons et des voitures sera gratuit.

Dans le cas où l'administration voudrait, pour le transport des prisonniers, faire usage des voitures de la compagnie, celle-ci serait tenue de mettre à sa disposition un ou plusieurs compartiments spéciaux de voitures de deuxième classe à deux banquettes. Le prix de location en sera fixé à raison de vingt centimes (0 fr. 20) par compartiment et par kilomètre.

Les dispositions qui précèdent seront applicables au transport des jeunes délinquants recueillis par l'administration pour être transférés dans les établissements d'éducation.

Art. 58. — Le gouvernement se réserve la faculté de faire, le long des voies, toutes les

constructions, de poser tous les appareils nécessaires à l'établissement d'une ligne télégraphique, sans nuire au service du chemin de fer.

Sur la demande de l'administration des lignes télégraphiques, il sera réservé, dans les gares des villes et des localités qui seront désignées ultérieurement, le terrain nécessaire à l'établissement des maisonnettes destinées à recevoir le bureau télégraphique et son matériel.

La compagnie concessionnaire sera tenue de faire garder par ses agents les fils et appareils des lignes électriques, de donner aux employés télégraphiques connaissance de tous les accidents qui pourraient subvenir, et de leur en faire connaître les causes.

En cas de rupture du fil télégraphique, les employés de la compagnie auront à raccrocher provisoirement les bouts séparés, d'après les instructions qui leur seront données à cet effet.

Les agents de la télégraphie voyageant pour le service de la ligne électrique auront le droit de circuler gratuitement dans les voitures du chemin de fer.

En cas de rupture du fil télégraphique ou d'accidents graves, une locomotive sera mise immédiatement à la disposition de l'inspecteur télégraphique de la ligne pour le transporter sur le lieu de l'accident avec les hommes et les matériaux nécessaires à la réparation. Ce transport sera gratuit, et il devra être effectué dans des conditions telles qu'il ne puisse entraver en rien la circulation publique.

Dans le cas où des déplacements de fils, appareils ou poteaux deviendraient nécessaires par suite de travaux exécutés sur le chemin, ces déplacements auraient lieu, aux frais de la compagnie, par les soins de l'administration des lignes télégraphiques.

La compagnie pourra être autorisée et au besoin requise par le ministre de l'Agriculture, du Commerce et des Travaux publics, agissant de concert avec le ministre de l'Intérieur, d'établir à ses frais les fils et appareils télégraphiques destinés à transmettre les signaux nécessaires pour la sûreté et la régularité de son exploitation.

Elle pourra, avec l'autorisation du ministre de l'Intérieur, se servir des poteaux de la ligne télégraphique de l'État, lorsqu'une semblable ligne existera le long de la voie.

La compagnie sera tenue de se soumettre à tous les règlements d'administration publique concernant l'établissement et l'emploi de ces appareils ainsi que l'organisation, aux frais de la compagnie, du contrôle de ce service par les agents de l'État.

TITRE VI

CLAUSES DIVERSES

Art. 59. — Dans le cas où le gouvernement ordonnerait ou autoriserait la construction de routes impériales, départementales ou vicinales, de chemin de fer ou de canaux qui traverseraient les lignes objet de la présente concession, la compagnie ne pourra s'opposer à ces travaux ; mais toutes les dispositions nécessaires seront prises pour qu'il n'en résulte aucun obstacle à la construction ou au service du chemin de fer, ni aucun frais pour la compagnie.

Art. 60. — Toute exécution ou autorisation ultérieure de route, de canal, de chemin de fer, de travaux de navigation dans la contrée où sont situés les chemins de fer objet de la présente concession, ou dans toute contrée voisine ou éloignée, ne pourra donner ouverture à aucune demande d'indemnité de la part de la compagnie.

Art. 61. — Le gouvernement se réserve expressément le droit d'accorder de nouvelles concessions de chemins de fer s'embranchant sur le chemin qui fait l'objet du présent cahier des charges, ou qui seraient établis en prolongement du même chemin.

La compagnie ne pourra mettre aucun obstacle à ces embranchements, ni réclamer, à l'occasion de leur établissement, aucune indemnité quelconque, pourvu qu'il n'en résulte aucun obstacle à la circulation ni aucuns frais pour la compagnie.

Les compagnies concessionnaires de chemins de fer d'embranchement ou de prolongement auront la faculté, moyennant les tarifs ci-dessus déterminés et l'observation des règlements de police et de service établis ou à établir, de faire circuler leurs voitures, wagons et machines sur les chemins de fer, objet de la présente concession, pour lesquels cette faculté sera réciproque à l'égard desdits embranchements et prolongements.

Dans le cas où les diverses compagnies ne pourraient s'entendre entre elles sur l'exercice de cette faculté, le gouvernement statuerait sur les difficultés qui s'élèveraient entre elles à cet égard.

Dans le cas où une compagnie d'embranchement ou de prolongement, joignant les lignes qui font l'objet de la présente concession, n'userait pas de la faculté de circuler sur ces lignes, comme aussi dans le cas où la compagnie concessionnaire de ces dernières lignes ne voudrait pas circuler sur les prolongements et embranchements, les compagnies seraient tenues de s'arranger entre elles, de manière que le service de transport ne soit jamais interrompu aux points de jonction des diverses lignes.

Celle des compagnies qui se servira d'un matériel qui ne serait pas sa propriété payera une indemnité en rapport avec l'usage et la détérioration de ce matériel. Dans le cas où les compagnies ne se mettraient pas d'accord sur la quotité de l'indemnité ou sur les moyens d'assurer la continuation du service sur toute la ligne, le gouvernement y pourvoirait d'office et prescrirait toutes les mesures nécessaires.

La compagnie pourra être assujettie par les décrets qui seront ultérieurement rendus pour l'exploitation des chemins de fer de prolongement ou d'embranchement joignant ceux qui lui sont concédés, à accorder aux Compagnies de ces chemins une réduction de péage ainsi calculée :

1° Si le prolongement ou l'embranchement n'a pas plus de cent kilomètres, dix pour cent (10 p. 100) du prix perçu par la compagnie ;

2° Si le prolongement ou l'embranchement excède cent kilomètres, quinze pour cent (15 p. 100) ;

3° Si le prolongement ou l'embranchement excède deux cents kilomètres, vingt pour cent (20 p. 100) ;

4° Si le prolongement ou l'embranchement excède trois cents kilomètres, vingt-cinq pour cent (25 p. 100).

Art. 62. — La compagnie sera tenue de s'entendre avec tout propriétaire de mines ou d'usines qui, offrant de se soumettre aux conditions prescrites ci-après, demanderait un nouvel embranchement ; à défaut d'accord, le gouvernement statuera sur la demande, la compagnie entendue.

Les embranchements seront construits aux frais des propriétaires de mines et d'usines et de manière à ce qu'il ne résulte de leur établissement aucune entrave à la circulation générale, aucune cause d'avarie pour le matériel, ni aucuns frais particuliers pour la compagnie.

Leur entretien devra être fait avec soin aux frais de leurs propriétaires et sous le contrôle de l'administration. La compagnie aura le droit de faire surveiller par ses agents cet entretien, ainsi que l'emploi de son matériel sur les embranchements.

L'administration pourra, à toutes époques, prescrire les modifications qui seraient jugées utiles dans la soudure, le tracé ou l'établissement de la voie desdits embranchements, et les changements seront opérés aux frais des propriétaires.

L'administration pourra même, après avoir entendu les propriétaires, ordonner l'enlèvement temporaire des aiguilles de soudure, dans le cas où les embranchements viendraient à suspendre en tout ou en partie leurs transports.

La Compagnie sera tenue d'envoyer ses wagons sur tous les embranchements autorisés destinés à faire communiquer des établissements de mines ou d'usines avec la ligne principale du chemin de fer.

La Compagnie amènera ses wagons à l'entrée des embranchements.

Les expéditeurs ou destinaires feront conduire les wagons dans leurs établissements

pour les charger ou décharger et les ramèneront au point de jonction avec la ligne principale, le tout à leurs frais.

Les wagons ne pourront, d'ailleurs, être employés qu'au transport d'objets et marchandises destinés à la ligne principale du chemin de fer.

Le temps pendant lequel les wagons séjourneront sur les embranchements particuliers ne pourra excéder six heures lorsque l'embranchement n'aura pas plus d'un kilomètre. Le temps sera augmenté d'une demi-heure par kilomètre en sus du premier, non compris les heures de la nuit, depuis le coucher jusqu'au lever du soleil.

Dans le cas où les limites du temps seraient dépassées nonobstant l'avertissement spécial donné par la compagnie, elle pourra exiger une indemnité égale à la valeur du droit de loyer des wagons, pour chaque période de retard après l'avertissement.

Les traitements des gardiens d'aiguille et des barrières des embranchements autorisés par l'administration seront à la charge des propriétaires des embranchements. Ces gardiens seront nommés et payés par la compagnie, et les frais qui en résulteront lui seront remboursés par lesdits propriétaires.

En cas de difficulté, il sera statué par l'administration, la compagnie entendue.

Les propriétaires d'embranchement seront responsables des avaries que le matériel pourrait éprouver pendant son parcours ou son séjour sur les lignes.

Dans le cas d'inexécution d'une ou de plusieurs des conditions énoncées ci-dessus, le préfet pourra, sur la plainte de la compagnie, et après avoir entendu le propriétaire de l'embranchement, ordonner par un arrêté la suspension du service et faire supprimer la soudure, sauf recours à l'administration supérieure et sans préjudice de tous dommages-intérêts que la compagnie serait en droit de répéter pour la non-exécution de ces conditions.

Pour indemniser la compagnie de la fourniture et de l'envoi de son matériel sur les embranchements, elle est autorisée à percevoir un prix fixe de douze centimes (0,12 fr.) par tonne pour le premier kilomètre, et, en outre, quatre centimes (0,04 fr.) par tonne et par kilomètre en sus du premier, lorsque la longueur de l'embranchement excédera un kilomètre.

Tout kilomètre entamé sera payé comme s'il avait été parcouru en entier.

Le chargement et le déchargement sur les embranchements s'opéreront aux frais des expéditeurs ou destinataires, soit qu'ils les fassent eux-mêmes, soit que la compagnie du chemin de fer consente à les opérer.

Dans ce dernier cas, ces frais seront l'objet d'un règlement arrêté par l'administration supérieure sur la proposition de la compagnie.

Tout wagon envoyé par la compagnie sur un embranchement devra être payé comme wagon complet, lors même qu'il ne serait pas complètement chargé.

La surcharge, s'il y en a, sera payée au prix du tarif légal et au prorata du poids réel. La compagnie sera en droit de refuser les chargements qui dépasseraient le maximum de trois mille cinq cents kilogrammes déterminé en raison des dimensions actuelles des wagons.

Le maximum sera revisé par l'administration, de manière à être toujours en rapport avec la capacité des wagons.

Les wagons seront pesés à la station d'arrivée par les soins et aux frais de la compagnie.

Art. 63. — La contribution foncière sera établie en raison de la surface des terrains occupés par le chemin de fer et ses dépendances; la cote en sera calculée, comme pour les canaux, conformément à la loi du 25 avril 1803.

Les bâtiments et magasins dépendant de l'exploitation du chemin de fer sont assimilés aux propriétés bâties de la localité. Toutes les contributions auxquelles ces édifices pourront être soumis seront, aussi bien que la contribution foncière, à la charge de la compagnie.

Art. 64. — Les agents et gardes que la compagnie établira, soit pour la perception des

droits, soit pour la surveillance et la police des chemins de fer et de ses dépendances, pourront être assermentés et seront, dans ce cas, assimilés aux gardes champêtres.

Art. 65. — Un règlement d'administration publique désignera, la compagnie entendue, les emplois dont la moitié devra être réservée aux anciens militaires de l'armée de terre et de mer libérés du service.

Art. 66. — Il sera institué près de la compagnie un ou plusieurs inspecteurs ou commissaires spécialement chargés de surveiller les opérations de la compagnie, pour tout ce qui ne rentre pas dans les attributions des ingénieurs de l'État.

Art. 67. — Les frais de visite, de surveillance et de réception des travaux, et les frais de contrôle de l'exploitation, seront supportés par la compagnie. Ces frais comprendront le traitement des inspecteurs ou commissaires dont il a été question dans l'article précédent.

Afin de pourvoir à ces frais, la compagnie sera tenue de verser chaque année à la caisse centrale du Trésor public une somme de 120 francs par chaque kilomètre de chemin de fer concédé. Toutefois, cette somme sera réduite à 50 francs par kilomètre pour les sections non encore livrées à l'exploitation.

Dans lesdites sommes n'est pas comprise celle qui sera déterminée en exécution de l'article 58 ci-dessus, pour frais de contrôle du service télégraphique de la compagnie par les agents de l'État.

Si la compagnie ne verse pas les sommes ci-dessus réglées aux époques qui auront été fixées, le préfet rendra un rôle exécutoire, et le montant en sera recouvré comme en matière de contributions publiques.

Art. 68. — La compagnie devra faire élection de domicile à Paris.

Dans le cas où elle ne l'aurait pas fait, toute notification ou signification à elle adressée sera valable lorsqu'elle sera faite au secrétariat général de la préfecture de la Seine.

Art. 69. — Les contestations qui s'élèveraient entre la compagnie et l'administration au sujet de l'exécution et de l'interprétation des clauses du présent cahier des charges seront jugées administrativement par le conseil de préfecture du département de la Seine, sauf recours au Conseil d'État.

Art. 70. — Le présent cahier des charges, la convention du... et les actes passés ou à passer en exécution des articles... de ladite convention, ne seront passibles que du droit fixe de un franc.

TABLE DES MATIÈRES

QUATRIÈME PARTIE

MATÉRIEL ROULANT ET TRACTION (*Suite*).

LIVRE TROISIÈME

DESCRIPTION DE LA LOCOMOTIVE

CHAPITRE Ier. — *La chaudière.* — Foyer. — Appareils fumivores. — Corps cylindrique. — Epaisseur des chaudières. — Boîte à fumée. — Faisceau tubulaire. Surface de chauffe directe et indirecte. — Altérations des chaudières. — Timbre et épreuves. — Accessoires des chaudières : cendrier, boîte à sable, appareils d'alimentation, injecteurs, appareils de sûreté. — Explosions des chaudières, leurs causes principales 3

CHAPITRE II. — *Le mécanisme.* 19

§ 1er. — Distribution de la vapeur. — Distribution par excentrique circulaire et tiroir en coquille, — Epure de la distribution. Epure circulaire de Reech. — Changement de marche. Coulisse de Stéphenson, de Gooch, d'Allan ou de Trick. — Distribution à un seul excentrique de Walschaert 19

§ 2. — Organes principaux du mécanisme. — Cylindres. — Pistons. — Bielles. Tiroirs. 31

§ 3. — Modifications apportées par M. Ricour aux locomotives du réseau de l'État. — Soupapes de rentrée d'air. — Tiroirs cylindriques. — Augmentation du rendement des machines en travail utile. — Amélioration de l'adhérence. — Ecrans réfractaires. — Surfaces de moindre résistance. — Influence de ces modifications sur le prix de revient de la traction 34

§ 4. — Locomotives compound. — Locomotives à deux, trois et quatre cylindres. — Locomotives à vapeur surchauffée. 45

CHAPITRE III. — *Le véhicule* 50

§ 1er. — Le châssis. — Disposition générale. — Positions diverses du châssis et des cylindres 50

§ 2. — Les roues et les essieux. 54

§ 3. — La suspension. — Répartition de la charge entre les essieux. — Balanciers. — Perturbations. — Contrepoids 57

§ 4. — Dispositions destinées à faciliter le passage des locomotives dans les courbes. — Modifications des bandages et du jeu de la voie. — Jeu transversal des essieux, plans inclinés. — Convergence des essieux. Bogies. Bissel. — Locomotive articulée, système Mallet. — Essieux à boîtes radiales. 65

CHAPITRE IV. — *Le tender. Conduite des locomotives* 76

§ 1er. — Disposition générale du tender. — Attelage du tender et de la locomotive 76

§ 2. — Conduite des locomotives. — Personnel de conduite. — Equipe double ou multiple. — Consommation des machines. 79

CHAPITRE V. — *Description de quelques types de machines* 82

§ 1er. — Machines à deux essieux accouplés. — Machine express de la compagnie de l'Ouest. —Machine express avec bogie à l'avant de la compagnie du Nord. — Machines compound à deux essieux accouplés, avec bogie à l'avant. Machine de l'Est. — Machine américaine des chemins de fer de l'État. — Machine compound grande vitesse à quatre essieux, dont deux accouplés, de la compagnie P.-L.-M. — Machines du type *Atlantic*. 83

§ 2. — Machines à trois esssieux accouplés. — Machine, type du Bourbonnais, de la compagnie P.-L.-M. — Machines à trois essieux accouplés avec bogie à l'avant 102

§ 3. — Machines à quatre essieux accouplés. — Machines du réseau de l'Etat. Machines compound de la compagnie P.-L.-M. — Machines *Consolidation* de la compagnie du Midi. — Autres types de machines 106

§ 4. — Voitures automotrices à vapeur. — Leur emploi sur différents réseaux français. — Voiture Purrey. 112

LIVRE QUATRIÈME

DES FREINS

CHAPITRE Ier. — *Emploi de la locomotive comme frein. — Contre-vapeur.* — Nécessité des freins, — Contre-vapeur. — Conditions de son emploi 117

CHAPITRE II. — *Freins des voitures et wagons. — Freins continus* 122

§ 1er. — Freins ordinaires des voitures et wagons. — Conditions qu'ils doivent remplir. — Freins manœuvrés à la main. — Frein Bricogne. 122

§ 2. — Freins continus. — Prescriptions réglementaires relatives à leur emploi. — Freins à commande mécanique. Freins à air comprimé, Westinghouse et Wenger. — Freins à vide. — Freins électriques. — Autres systèmes de freins continus. — Application des freins continus aux wagons à marchandises 127

§ 3. — Composition des trains en ce qui concerne les freins montés. — Règlement du réseau de l'Etat. — Prix des freins 137

CINQUIÈME PARTIE

EXPLOITATION

LIVRE PREMIER

MOUVEMENT

CHAPITRE Ier. — *Classement et formation des trains* 145

§ 1er. — Graphiques de la marche des terrains. — Tableaux de marche. — Approbation ministérielle. — Livrets horaires. — Correspondance entre les trains. 145

§ 2. — Classement et nature des trains. — Trains réguliers, facultatifs, spéciaux, supplémentaires. Trains de service. — Trains de voyageurs, de marchandises et mixtes. — Trains légers, trains-tramways. 149

§ 3. — Formation des trains. — Règles à observer 154

CHAPITRE II. — *Circulation des trains* 159

§ 1er. — Circulation à double voie. — Exploitation dans le système de la voie ouverte ou de la voie fermée. — Précautions diverses à observer pendant la marche. — Passage aux bifurcations. — Arrêt en pleine voie. Détresse. — Demande de secours. — Espacement des trains. — Protection par le temps. — Insuffisance de la protection par le temps. — Définition du block-system, absolu, permissif. — Emploi du block-system en France. — Appareils Regnault de l'Ouest. — Appareils Tyer-Jousselin du P.-L.-M. — Electro-sémaphores Lartigue, Tesse et Prudhomme de la compagnie du Nord. — Réseaux de l'Est et d'Orléans. — Appareils du réseau de l'État. — Conditions d'application du block-system. — Block-system automatique, système Hall ; son emploi sur le réseau du Midi. — Emploi du block-system en Angleterre. — Conclusion. — Le déclenchement des trains en marche. — Son emploi sur le réseau de l'Ouest. 159

§ 2. — Circulation à voie unique. — Système de la demande de voie. — Exception en ce qui concerne les trains réguliers. — Dédoublement d'un train sur la voie unique. — Train en détresse. — Cloches électriques. Système Siemens et Halske. Système Léopolder. — Prescriptions réglementaires relatives à leur emploi. Règlement du réseau de l'État. — Block-system pour voie unique. — Bâton-pilote. — Bâton-pilote électrique 194

§ 3. — Circulation temporaire à voie unique sur les lignes à double voie. — Pilotage. 213

§ 4. — Circulation des trains aux États-Unis. — Le trains-despatcher. — Droit à la voie. — Emploi du téléphone 214

CHAPITRE III. — *Vitesse des trains. — Manutention et transport des marchandises. Répartition du matériel. — Accidents. — Daltonisme* 218

§ 1er. — Vitesse des trains. — Vitesse des trains en France, en Angleterre, en Amérique 218

§ 2. — Manutention et transport des marchandises. — Répartition du matériel roulant 225

§ 3. — Accidents. — Mesures prises en vue de les éviter. — Assurances contre les accidents. — Daltonisme. — Résultats des expériences faites à ce sujet . . . 233

LIVRE SECOND

EXPLOITATION COMMERCIALE. — DÉPENSES DE L'EXPLOITATION

CHAPITRE Ier. — *Les tarifs légaux. — L'homologation* 239

§ 1er. — Les tarifs légaux. — Tarifs de voyageurs. — Impôt sur la grande vitesse. — Sa suppression partielle en 1892. — Tarifs de marchandises. — Tarifs différentiels. — Tarif exceptionnel. 239

§ 2. — Homologation des tarifs. — Pouvoirs de l'État 244

CHAPITRE II. — *Les tarifs d'application. — La réforme des tarifs* 247

§ 1er. — Les tarifs d'application. — Tarifs généraux. — Tarifs spéciaux. — Clause de non-responsabilité. — Sa suppression par la loi du 17 mars 1905 (Loi Rabier). — Clause des stations non dénommées. — Tarifs communs. — Tarifs de

transit et d'exportation. — Formes diverses des tarifs. — Tarif belge. — Tarif par zones. — Tarif par prix fermes 247

§ 2. — La réforme des tarifs. — Exposé des critiques auxquelles ont donné lieu les tarifs. — Revision de la classification des marchandises en 1879. — Projet de tarif général commun présenté en 1880 par les compagnies. — Circulaire ministérielle du 2 novembre 1881. — Ajournement de la réforme. — Conventions de 1883. — Refonte des tarifs généraux et spéciaux. — Classification générale de 1902. — Les nouveaux tarifs homologués des divers réseaux. — Grande vitesse : Tarifs généraux. — Prix de transport et conditions générales d'application. — Tarifs spéciaux. — Conditions communes d'application. — Tarifs communs. — Colis postaux. — Petite vitesse : Tarifs généraux. — Barèmes et conditions générales d'application. — Tarifs spéciaux. — Barèmes des différents réseaux. — Examen de quelques tarifs spéciaux pour le transport des animaux, des céréales, des vins, des combustibles minéraux, des engrais. — Abaissement des taxes. — Taxe kilométrique moyenne des marchandises depuis 1855. — Les tarifs réduits du réseau de l'Etat. Leur influence sur le développement des transports. — Tarifs communs. — Tarifs pour le trafic international. Tarifs d'exportation, de transit. Tarifs d'importation. — Conditions générales d'application des tarifs spéciaux. — Convention internationale de Berne 255

CHAPITRE III. — *Frais accessoires. — Délais de transport. — Factage. — Camionnage. — Services de l'État* 297

§ 1er. — Frais accessoires. — Enregistrement, manutention, transmission, pesage, comptage, magasinage, stationnement des wagons, désinfection. 297

§ 2. — Délais de transport. — Grande et petite vitesse 302

§ 3. — Factage. — Camionnage. — Dispositions de l'article 52 du cahier des charges. Encombrement des quais à marchandises. — Camionnage d'office . . . 304

§ 4. — Services de l'Etat. — Transports militaires, service des postes, service télégraphique, transport des prisonniers, circulation des agents du contrôle, des douanes et des contributions indirectes. — Economies réalisées. 305

CHAPITRE IV. — *Les tarifs étrangers* 307

§ 1er. — Tarifs des voyageurs. — Belgique, Hongrie, Autriche, Hollande, Allemagne, Angleterre, Suisse, Italie, Russie. 307

§ 2. — Tarifs des marchandises. — Allemagne, Autriche-Hongrie, Suisse, Russie, Pays-Bas, Belgique, Italie, Angleterre 319

CHAPITRE V. — *Dépenses de l'exploitation.* — Formules de MM. Picard, Ricour et Noblemaire. — Evaluation des dépenses d'exploitation dans le cas d'une ligne à grand trafic, à trafic moyen, à faible trafic. — Minimum des dépenses d'exploitation sur une ligne à voie normale. — Coefficient d'exploitation. 329

SIXIÈME PARTIE

CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL. — CHEMINS DE FER A VOIE ÉTROITE. — TRAMWAYS

CHAPITRE Ier. — *Considérations générales.* — Loi du 11 juin 1880 sur les chemins de fer d'intérêt local et les tramways. — Aperçu des économies que procure l'adop-

tion d'une largeur de voie de 0,80 m. à 1 mètre. — Economies dans les dépenses de construction. — Exemples. — Economies dans les dépenses d'exploitation. — Exemples. — Conclusions. — Lignes à voie de 0,60 m. 343

CHAPITRE II. — *Infrastructure.* — Tracé. — Profil transversal. — Terrassements et ouvrages d'art. — Possibilité de l'emploi des ponts suspendus. — Clôtures et bornage. — Dépenses de l'infrastructure. 359

CHPITRE III. — *Superstructure.* 370

§ 1er. — Voie et accessoires de la voie. — Rails. — Eclissage et attache des rails. — Traverses. Pose de la voie. Surécartement dans les courbes. Surhaussement du rail extérieur. Espacement des traverses. Inclinaison du rail. — Prix de la voie. — Accessoires de la voie 370

§ 2. — Gares et stations. — Dispositions d'ensemble. — Bâtiments. — Alimentation des machines. Emploi des pulsomètres, éjecteurs, etc. 385

§ 3. — Signaux. — Dépenses de la superstructure. 395

CHAPITRE IV. — *Matériel roulant et traction. — Résumé des dépenses d'établissement.* 399

§ 1er. — Matériel roulant. — Considérations générales. — Ecartement des essieux. Conicité des bandages. Maximum de charge par essieu. Tamponnement et traction. Freins. — Matériel à voyageurs. Matériel articulé. Matériel rigide. — Matériel à marchandises 399

§ 2. — Traction. — Résistance des trains et charge des machines. — Types de locomotives. — Machine des chemins de fer corses. — Machine des tramways de Loir et-Cher. 411

§ 3. — Résumé des dépenses d'établissement d'un chemin de fer à voie étroite. 426

CHAPITRE V. — *Exploitation.* — Organisation des services. — Entretien de la voie. — Traction. — Mouvement et service commercial. — Dépenses de l'exploitation. — Les tarifs. — Frais de transbordement. — Arrêté ministériel du 8 mars 1890. — L'impôt sur la grande vitesse. 428

ANNEXES DE LA CINQUIÈME PARTIE

ANNEXE A. Note sur le mode d'établissement des tableaux de marches-types sur le réseau d'Orléans. 439

ANNEXE B. Ordre de service n° 207 des chemins de fer de l'État (extrait). Charges des trains. Tares et chargements 443

ANNEXE C. Ordre de service n° 736 des chemins de fer de l'Etat. Formation, composition et charge des trains. 445

ANNEXES DE LA SIXIÈME PARTIE

ANNEXE D. *Calcul de la résistance des rails pour lignes à voie étroite.* 457

ANNEXE E. *Instruction pour la pose de la voie sur les tramways de Loir-et-Cher* . . . 460

DOCUMENTS OFFICIELS

Loi du 15 juillet 1845 sur la police des chemins de fer. 475

TITRE I. Mesures relatives à la conservation des chemins de fer. 475

TITRE II. Des contraventions de voirie commises par les concessionnaires ou fermiers de chemins de fer 477
TITRE III. Des mesures relatives à la sûreté de la circulation sur les chemins de fer 477

Règlement d'administration publique sur la police, la sûreté et l'exploitation des chemins de fer. (Ordonnance du 15 novembre 1846 modifiée par décret du 1er mars 1901.) 479
TITRE I. Des gares et de la voie 479
TITRE II. Du matériel employé à l'exploitation 480
TITRE III. De la composition des trains 481
TITRE IV. Du départ, de la circulation et de l'arrivée des trains 483
TITRE V. De la perception des taxes et des frais accessoires. 486
TITRE VI. Police et surveillance. 487
TITRE VII. Dispositions diverses. 488

Cahier des charges des grands réseaux français. 491
TITRE I. Tracé et construction des chemins 491
TITRE II. Entretien et exploitation. 496
TITRE III. Durée, rachat et déchéance de la concession. 497
TITRE IV. Taxes et conditions relatives au transport des voyageurs et des marchandises 499
TITRE V. Stipulations relatives à divers services publics. 504
TITRE VI. Clauses diverses 507

ÉVREUX, IMPRIMERIE CH. HÉRISSEY ET FILS

ERRATA ET ADDENDA

TOME PREMIER

P. 255. — Unité technique. La troisième Conférence internationale, réunie à Berne en 1907 pour l'unité technique du matériel, a légèrement augmenté le maximum admis pour la largeur de la voie ; ce maximum a été fixé à 1,470 m. y compris le surécartement.

P. 278, fig. 220. Au lieu de « grandeur d'exécution », lire : Echelle, 1/2.

P. 281. Nous avons indiqué que le rail le plus lourd actuellement employé sur les chemins de fer était le type Goliath des chemins de fer de l'Etat belge, rail Vignole qui pèse 52,7 kg. par mètre courant.

Depuis que ces lignes ont été écrites, l'État belge a mis en service sur quelques sections de son réseau un rail modèle 1906 (rail pour voie à circulation intense et rapide) qui pèse 57,4 kg. par mètre courant.

Le profil de ce rail se distingue de celui du type Goliath par une plus grande hauteur, une plus grande largeur du champignon et une épaisseur un peu moindre de celui-ci. Cette dernière modification paraît destinée à remédier à un inconvénient que présentait le rail Goliath, dont le champignon très épais ne durcit que superficiellement au laminage. Il s'ensuit que, lorsque la partie dure a été enlevée par l'usure, le reste du champignon s'use très vite. La forme du rail de 57,4 kg., moins trapue et dont le champignon est moins épais, évitera cet inconvénient, en même temps qu'elle correspond à un moment d'inertie plus élevé.

Ci-dessous les principales dimensions des deux types de rail :

	RAIL DE 52.7 KG.	RAIL DE 57,4 KG.
Largeur du patin	135 mm.	135
Hauteur du rail	145 —	160
Épaisseur de l'âme	17 —	15
Largeur du champignon	72 —	80
Épaisseur du champignon	40 —	35

P. 298. Tirefonds. Consulter une note sur la consolidation des attaches des rails au moyen des garnitures métalliques (système Thiollier). *Bulletin du Congrès international des chemins de fer*. Juillet 1906.

Voir également, dans le numéro de novembre 1906 de la même publication, la description du tirefond Lakhovsky, dont le réseau de l'État français, à la suite d'un rapport du Comité de l'exploitation technique des chemins de fer, a entrepris des essais sur des traverses en bois tendre et sur une voie fatiguée.

P. 302. Traverses. Consulter, en ce qui concerne le choix des essences et les procédés de conservation, le *Bulletin du Congrès international*. Août 1906.

Voir dans la même publication, septembre 1907, le résultat des expériences faites en Amérique avec des traverses en béton armé.

TOME II

P. 18. Gares principales. Consulter, dans le *Bulletin du Congrès international*, septembre 1907, une étude très détaillée sur la Théorie de la disposition des gares de marchandises, par M. North.

P. 238. Attelages automatiques. Consulter, en outre, le numéro de juillet 1906 du *Bulletin du Congrès international*, qui contient le compte rendu de la discussion à laquelle a donné lieu, au Congrès de Washington, la question des attelages automatiques (Avantages et inconvénients. Progrès réalisés. Emploi simultané de ces attelages avec les autres).

P. 288. Eclairage. P. 296. Chauffage. La question de l'éclairage, du chauffage et de la ventilation des trains a fait également, au Congrès de Washington, l'objet d'une importante discussion, dont on trouvera le compte rendu dans le *Bulletin* du mois d'août 1906.

En ce qui concerne la question spéciale de l'éclairage, le numéro d'août 1907 de la même publication donne des renseignements intéressants sur l'évolution de l'éclairage des voitures à voyageurs sur les chemins de fer des États prussien et hessois, où l'on a finalement adopté, pour tout le matériel à voyageurs, l'éclairage au gaz par incandescence avec becs renversés, ce système satisfaisant amplement à toutes les exigences actuelles de l'éclairage et ce, dans des conditions d'économie que les autres systèmes ne peuvent pas réaliser.

P. 336. Résistance des trains. Consulter, dans le *Bulletin du Congrès* de décembre 1907, un article de M. Albert Frank sur la Résistance des trains de chemins de fer et les formules qui servent à la calculer.

L'auteur a procédé à diverses expériences, tant avec des locomotives isolées qu'avec des trains complets, et il a établi pour en représenter les résultats les formules suivantes, qui donnent la résistance propre par tonne, indépendamment des déclivités et des courbes.

Pour les locomotives et tenders seuls :

$$R = 2{,}5 + 0{,}067 \left(\frac{V}{10}\right)^2$$

Pour les trains de voyageurs :

$$R = 2{,}5 + 0{,}03 \left(\frac{V}{10}\right)^2 \text{ (voitures de 30 tonnes)}$$

$$R = 2{,}5 + 0{,}04 \left(\frac{V}{10}\right)^2 \text{ (voitures de 15 tonnes)}$$

$$R = 2{,}5 + 0{,}044 \left(\frac{V}{10}\right)^2 \text{ (voitures de 12 tonnes).}$$

Pour les trains de marchandises composés d'environ 50 wagons.

$$R = 2{,}5 + 0{,}041 \left(\frac{V}{10}\right)^2 \text{ (wagons fermés d'un poids moyen de 12 tonnes)}$$

$$R = 2{,}5 + 0{,}032 \left(\frac{V}{10}\right)^2 \text{ (wagons ouverts, chargés, plus un fourgon, le poids moyen étant de 15 tonnes).}$$

$$R = 2{,}5 + 0{,}187 \left(\frac{V}{10}\right)^2 \text{ (wagons ouverts, vides, d'un poids moyen de 5 tonnes, plus un fourgon de 15 tonnes).}$$

$$R = 2{,}5 + 0{,}053 \left(\frac{V}{10}\right)^2 \text{ (wagons d'un poids moyen de 11 tonnes, une moitié chargés, une moitié vides, une moitie fermés, une moitié ouverts).}$$

P. 345, ligne 17, au lieu de *Fintz*, lire *Fink*.

TOME III

P. 82. Il ne sera pas sans intérêt de faire connaître ici les noms spéciaux par lesquels sont désignés aux États-Unis les principaux types de locomotives, d'après la disposition de leurs essieux. Ces désignations, dont quelques-unes sont assez employées sur le continent européen, sont les suivantes (d'après M. Marcel Japiot. *Les Chemins de fer américains*) :

Locomotives ayant 1 essieu porteur à l'avant et :

3 essieux accouplés	Mogul.
4 — —	Consolidation.
5 — —	Decapod.

Locomotives ayant 1 essieu porteur à l'avant et à l'arrière et :

2 essieux accouplés	Columbia.
3 — —	Prairie.
4 — —	Mikado.
5 — —	Santa-Fé.

Locomotives ayant 2 essieux porteurs à l'avant (bogie) et :

2 essieux accouplés	American.
3 — —	Ten Wheel.
4 — —	Mastodon.

Locomotives ayant 2 essieux porteurs à l'avant (bogie), 1 essieu porteur à l'arrière et :

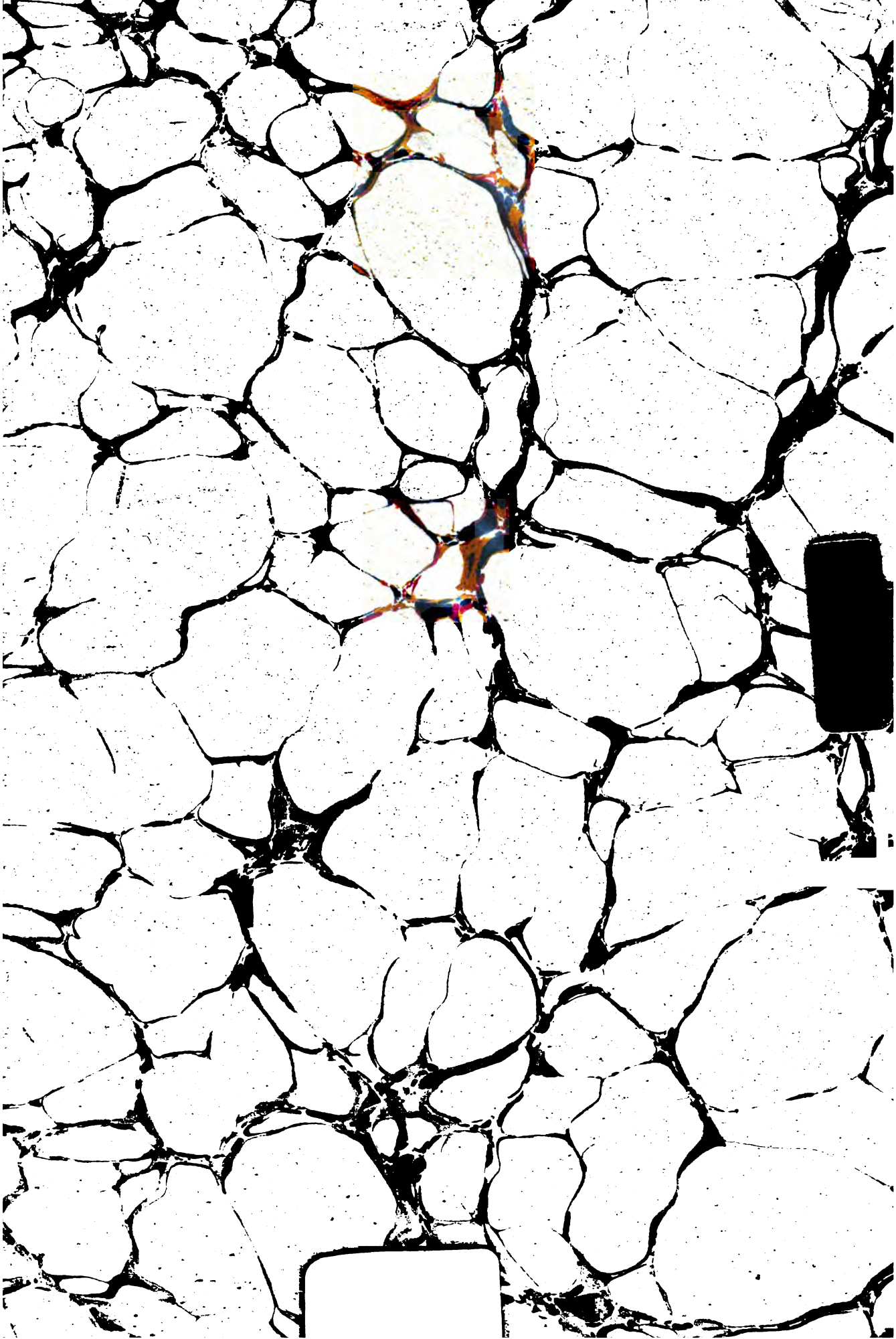
2 essieux accouplés	Atlantic.
3 — —	Pacific.

P. 343. Le décret du 6 août 1881 a été abrogé par un décret du 16 juillet 1907, qui constitue un règlement nouveau.

Un second décret du 16 juillet 1907 modifie certaines dispositions des cahiers des charges types des chemins de fer d'intérêt local et des tramways.

(Ces deux décrets ont paru au *Journal officiel* du 8 août 1907.)

P. 373. Ligne 11. Au lieu de *tête de bœuf*, lire : *tête de bouledogue*.

89090508979

b89090508979a